PEMODELAN DAN PERAMALAN RUNTUN WAKTU NONLINIER DENGAN METODE *EXPONENTIAL SMOOTH TRANSITION AUTOREGRESSIVE* (ESTAR)

Skripsi
disajikan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Matematika

oleh

Ratih Permatasari
4111412073

JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2018

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya yang diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dirujuk dalam skripsi ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Semarang, 08 Januari 2018

METERAI TEMPEL

D4E46AEF810420517

6000

ENAM RIBU RUPIAH

Ratih Permatasari

NIM. 4111412073

ii

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Pemodelan dan Peramalan Runtun Waktu Nonlinier dengan Metode *Exponential Smooth Transition Autoregressive* (ESTAR)

Disusun oleh

Nama : Ratih Permatasari

NIM : 4111412073

Telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA Unnes pada

Hari : Senin

Tanggal : 08 Januari 2018

Panitia,

Ketua

Prof. Dr. Zaenuri, S.E., M.Si. Akt.
NIP. 196412231988031001

Sekretaris

Drs. Arief Agoestanto, M.Si
NIP. 196807221993031005

Ketua Penguji

Drs. Arief Agoestanto, M.Si
NIP. 196807221993031005

Anggota Penguji

Pembimbing Utama

Dr. Scolastika Mariani, M.Si.
NIP. 196502101991022001

Anggota Penguji

Pembimbing Pendamping

Drs. Sugiman, M.Si.
NIP. 196401111989011001

iii

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

- Allah akan meninggikan derajat orang-orang yang beriman diantara kamu dan orang-orang yang memiliki ilmu pengetahuan (Al-Mujadillah : 11)
- Amalan sedikit yang rutin dilakukan akan memberikan ganjaran yang besar dan berlipat dibandingkan dengan amalan yang sedikit namun sesekali saja dilakukan (Syarh An Nawawi'ala Muslim, 3/133, Mawqi' Al Islam, Asy Syamilah)
- Kunci kebahagiaan ada pada rasa syukur, jangan membandingkan kelebihan orang lain dengan diri kita. Setiap manusia diciptakan berbeda.

PERSEMBAHAN

- Untuk Allah SWT, Tuhan Semesta Alam
- Untuk Dosen Jurusan Matematika
- Untuk Dosen Pembimbing, Dr. Scolastika Mariani, M.Si. dan Drs. Sugiman, M.Si.
- Untuk kedua orang tua tercinta Bapak Widodo dan Ibu Suwarni
- Untuk kakak dan adikku, Bayu Prasetya Aji, Ernawati Indriani dan Bagus Maulana Arif
- Untuk keluarga besar
- Untuk sahabatku Nurul Lutfiani, Anika Liansari Dewi, Wahyu Zuli Astutik, Hevi Rochmadiyani Wulandari
- Untuk teman-teman matematika 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Pemodelan dan Peramalan Runtun Waktu Nonlinier dengan Metode *Exponential Smooth Transition Autoregressive* (ESTAR)".

Penulisan skripsi ini dapat terselesaikan karena adanya bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M. Hum., Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Prof. Dr. Zaenuri, S.E., M.Si., Akt., Dekan FMIPA Universitas Negeri Semarang.
3. Drs. Arief Agoestanto, M. Si., Ketua Jurusan Matematika FMIPA Universitas Negeri Semarang.
4. Drs. Mashuri, M.Si. koordinator Program Studi Matematika FMIPA Universitas Negeri Semarang serta selaku dosen wali sekaligus orang tua yang telah memberikan arahan dan bimbingannya selama masa kuliah hingga selesai.
5. Dr. Scolastika Mariani, M.Si., pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan, motivasi, dan pengarahan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
6. Drs. Sugiman, M.Si., pembimbing pendamping yang telah memberikan bimbingan, motivasi, dan pengarahan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
7. Drs. Arief Agoestanto, M. Si., Dosen penguji yang telah memberikan inspirasi, kritik, saran, dan motivasi kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi.

8. Staff Dosen Matematika Universitas Negeri Semarang yang telah membekali penulis dengan berbagai ilmu selama mengikuti perkuliahan sampai akhir penulisan skripsi ini.
9. Staff Tata Usaha Universitas Negeri Semarang yang telah membantu penulis selama mengikuti perkuliahan dan penulisan skripsi ini.
10. Orangtua dan keluarga tercinta yang senantiasa mendoakan serta memberikan dukungan baik secara moral maupun spiritual.
11. Sahabat-sahabat penulis (Beta, Ayuk, Mufidatul, Ineza, Nurul, Zuli, Anika, Ifa, Hevi, Bayu, David, Shella, Friska, Mbk Tia, Poppy, Desi, Yunin, Pita, Hanif) yang telah memberikan banyak motivasi, kritik, usulan, yang menjadikan terselesaikannya penulisan skripsi ini.
12. Mahasiswa matematika angkatan 2012 yang telah memberikan dorongan dan motivasi.
13. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya penulisan skripsi ini.

Hanya ucapan terimakasih dan doa, semoga apa yang telah diberikan tercatat sebagai amal baik dan mendapatkan balasan dari Allah SWT.

Semoga skripsi ini bisa membawa manfaat bagi penulis sendiri khususnya dan bagi para pembaca pada umumnya.

ABSTRAK

Permatasari, Ratih. 2018. *Pemodelan dan Peramalan Runtun Waktu Nonlinier dengan Metode Exponential Smooth Transition Autoregressive (ESTAR)*. Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Dra. Scolastika Mariani, M.Si. dan Pembimbing Pendamping, Drs. Sugiman, M.Si.

Kata Kunci : *Autorgressive, time series, nonlinearity, ESTAR, MAPE*

Data runtun waktu seperti data-data finansial dan perekonomian cenderung nonlinier, sehingga dibutuhkan model nonlinier untuk data tersebut. Salah satu model yang populer adalah model *Smooth Transition Autoregressive* (STAR). Pemilihan fungsi transisi $G(s_t, \gamma, c)$diperoleh dari hasil uji nonlinieritas model STAR. Bentuk fungsi transisi yang tepat dapat ditentukan melalui uji *Lagrange Multiplier* tipe tiga (LM_3). Model STAR terbagi menjadi dua model, yaitu model *Logistic Smooth Transition Autoregressive* (LSTAR) dan *Exponential Smooth Transition Autoregressive* (ESTAR).

Tujuan skripsi ini adalah menentukan model runtun waktu nonlinier yang sesuai untuk harga saham Bumi Serpong Damai Tbk. (BSDE,JK) kemudian menggunakan model tersebut untuk meramalkan harga saham Bumi Serpong Damai Tbk. (BSDE,JK) pada satu periode ke depan. Penelitian ini menggunakan program Eviews dan R untuk selanjutnya dilihat manakah program terbaik yang digunakan untuk meramalkan harga saham Bumi Serpong Damai Tbk. (BSDE,JK). Metode yang digunakan dalam skripsi ini adalah studi kasus. Data yang digunakan adalah harga saham Bumi Serpong Damai Tbk. (BSDE,JK).

Model yang diperoleh untuk meramalkan harga saham Bumi Serpong Damai Tbk. (BSDE,JK) adalah model ESTAR (1,1). Nilai ramalan data harga saham Bumi Serpong Damai Tbk. (BSDE,JK) untuk 4 periode berikutnya mendekati data aslinya. Hal ini ditunjukkan dengan nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE) yang cukup kecil yaitu 1,713772% dan 1,359567%.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR LAMPIRAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada mulanya statistika hanya merupakan kumpulan angka-angka yang menggambarkan suatu obyek tertentu. Kemudian data tersebut disajikan dengan menggunakan tabel, grafik, gambar, dan lain-lain, sehingga dari sajian itu dapat diperoleh informasi yang lebih banyak mengenai obyek tersebut (Algifari, 2010: 9). Berdasarkan perkembangan ilmu statistika, data dapat diolah, dianalisis, diinterpretasikan, dan diambil kesimpulan dari obyek tersebut. Kesimpulan yang diperoleh merupakan suatu hal yang penting sebagai dasar untuk mengambil keputusan. Selain hal-hal yang telah disebutkan di atas, metode statistika juga dapat digunakan untuk peramalan suatu kejadian yang akan terjadi di masa yang akan datang dengan menggunakan informasi-informasi masa lalu dan masa sekarang sebagai dasar.

Menurut Sariani (2013), peramalan merupakan bagian vital bagi setiap organisasi bisnis dan untuk setiap pengambilan keputusan manajemen yang sangat signifikan. Peramalan menjadi dasar bagi perencanaan jangka panjang perusahaan. Menurut Hasibuan (2011), metode peramalan adalah suatu cara memperkirakan atau mengestimasi secara kuantitatif maupun kualitatif apa yang terjadi pada masa depan berdasarkan data yang relevan pada masa lalu.

Pada dasarnya terdapat dua pendekatan untuk melakukan peramalan yaitu dengan pendekatan kualitatif dan pendekatan kuantitatif. Metode peramalan kualitatif digunakan ketika data historis tidak tersedia. Metode peramalan kuantitatif dapat dibagi menjadi dua tipe yaitu metode regresi (*causal*) dan runtun waktu (*time series*). Metode peramalan kausal meliputi faktor-faktor yang berhubungan dengan variabel yang diprediksi. Sebaliknya peramalan runtun waktu merupakan metode kuantitatif untuk pendugaan berdasarkan data masa lalu dari suatu variabel yang telah dikumpulkan secara teratur. Data lampau tersebut dengan teknik yang tepat dapat dijadikan acuan untuk peramalan nilai di masa yang akan datang (Putriaji, 2015: 2). Perkembangan model peramalan data jumlahan banyak didasari oleh metode *single exponential smoothing* (SES), diantaranya peramalan data permintaan berselang (*intermittent demand forecasting*) seperti ditunjukkan oleh Taunter dan Sani (2009).

Analisis *time series* terdiri dari metode untuk menganalisis data *time series* dengan mengambil parameter data statistik dan karakteristik lain dari data untuk memprediksi nilai masa depan berdasarkan nilai-nilai sebelumnya yang diamati (Phumchusri, Naragain & Udom, Patimaporn, 2014).

Analisis runtun waktu (*time series*) merupakan salah satu alat yang diupayakan untuk mencari hasil peramalan yang mendekati benar dengan memperkecil penyimpangan. Analisis runtun waktu merupakan alat yang dapat digunakan untuk mengetahui kecenderungan suatu nilai dari waktu ke waktu untuk meramalkan nilai suatu variabel ada suatu waktu tertentu (Maryati, 2001: 129).

Dalam perencanaan tentunya diperlukan ketepatan dalam pemilihan metode. Hal ini untuk meminimumkan kesalahan dalam meramal. Salah satu metode peramalan yang dapat digunakan metode peramalan analisis runtun waktu. Analisis runtun waktu merupakan suatu metode analisis peramalan berbentuk kuantitatif yang mempertimbangkan waktu, dimana data dikumpulkan secara periodik berdasarkan urutan waktu untuk menentukan pola data masa lampau yang telah dikumpulkan secara teratur.

Pemodelan runtun waktu dibedakan menjadi 3 jenis data menurut waktu, yaitu *Cross-section* data, *Time Series* (runtun waktu) data, *Panel/Pooled* data. Model yang digunakan untuk memodelkan data tipe *Cross-section* data seperti model regresi (*cross-section*). Untuk *Time Series* (runtun waktu) data model yang digunakan adalah model-model *time-series*. Sementara *Panel/Pooled* data model yang digunakan seperti model data panel, model runtun waktu multivariat.

Penelitian ini hanya akan membahas tentang model runtun waktu *Time Series* (runtun waktu) data. *Time series* (runtun waktu) data adalah jenis data yang dikumpulkan menurut urutan waktu dalam suatu rentang waktu tertentu. Jika waktu dipandang bersifat diskrit (waktu dapat dimodelkan bersifat kontinu). Frekuensi pengumpulan selalu sama (*equidistant*). Dalam kasus diskrit, frekuensi data dapat berupa satuan waktu detik, menit, jam, hari, minggu, bulan atau tahun (Putriaji, 2015: 6).

Dalam analisis runtun waktu nilai data masa lalu saja yang berpengaruh. Proses yang terjadi dinamakan proses autoregresif, model autoregresif untuk proses autoregresif dapat disusun dengan metode Box-Jenkins atau sering disebut dengan ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*). Dalam sebuah model runtun waktu, terdapat suatu parameter dan dalam sebuah parameter mempunyai sebuah nilai dimana nilai tersebut akan menentukan persamaan dari model tersebut yang nantinya digunakan untuk peramalan.

Ada tiga faktor yang sangat berpengaruh dalam metode ini, yaitu: faktor *autoregressive*, faktor kestasioneran data, dan faktor rata-rata bergerak. Model yang dihasilkan dalam metode ini adalah model linier. Sementara tidak semua runtun waktu finansial adalah linier (Tsay,2005). Banyak data runtun waktu seperti data-data finansial dan perekonomian cenderung nonliner sehingga kurang sesuai jika digunakan metode Box-Jenkins (ARIMA) oleh karena itu, diperlukan model baru yang nonlinier terhadap data tersebut.

Terdapat beberapa macam model yang nonlinier, diantaranya *Threshold Autoregressive* (TAR), *Smooth Transition Autoregressive* (STAR), dan *Self Exciting Threshold Autoregressive* (SETAR). Sejak adanya artikel dari Terasvirta dan Anderson (1992) disitasi oleh Van Dijk, dkk (2000: 3) serta Teravista (1994) disitasi oleh Van Dijk , dkk (2002: 1) model STAR menjadi pemodelan nonlinier yang populer dalam terapan bidang ekonomi modern. Model STAR terbagi menjadi dua model, yaitu model *Logistic Smooth Transition Autoregressive* (LSTAR) dan *Exponential Smooth Transition Autoregressive* (ESTAR).

Selama lima belas tahun terakhir, minat model runtun waktu nonlinier terus meningkat. Model ESTAR (*Exponential Smooth Transition Autoregressive*) mula-mula diperkenalkan Haggan dan Osaki (1981) dan kemudian dipopulerkan oleh Granger dan Teravista (1993) menjadi paradigma statistik untuk pemodelan data *real exchange rate*. Model ini berisi dua rezim *autoregressive* yang dihubungkan oleh fungsi *smooth transition* dari tipe eksponensial.

Daniel (2008) menerapkan model ESTAR (*Exponential Smooth Transition Autoregressive*) pada *bilateral exchange rate* dan menunjukkan bahwa penyesuaian dari *exchange rates* adalah dapat diramalkan berdasarkan model nonlinier STAR (*Smooth Transition Autoregressive).* David (2006) juga menerapkan model ESTAR (*Exponential Smooth Transition Autoregressive*) pada *real exchange rate behavior*. Penelitian lain pada real exchange rate di Algeria menyimpulkan bahwa model STAR (*Smooth Transition Autoregressive)* dapat digunakan untuk meramalkan model nonlinier (Mohammed, K., M. Mouslim-DB, D. Zeddoun, A. Benamer, 2015).

Rehman, M., J. Iqbal, H. Urehman (2011) menganalisis *CPI inflation rate* di Pakistan, penelitian tersebut menghasilkan model ESTAR (*Exponential Smooth Transition Autoregressive*) adalah model yang sesuai kasus mereka. Model ESTAR (*Exponential Smooth Transition Autoregressive*) menggunakan *test unit root* juga digunakan pada pemodelan indeks harga saham harian *Jakarta Islamic Index* (Setianto, Rahmat Heru., Turkhan Ali Abdul Manap, 2011).

Model LSTAR (*Logistic Smooth Transition Autoregressive*) merupakan model yang paling tepat digunakan pada peramalan terhadap data pengembalian saham Sistem Penerbangan Malaysia (Nor, Siti Rohani Mohd, Fadhilah. Y, Ibrahim. L, 2015). Pada penelitian Puspita dan Heri (2014) menyimpulkan bahwa model LSTAR (*Logistic Smooth Transition Autoregressive*) hanya dapat digunakan pada data-data yang telah memiliki kecenderungan mengkuti fenomena nonlinieritas seperti data *return* saham.

Penelitian yang berjudul *Application of Smooth Transition Autoregressive (STAR) models Exchange Rate* menunjukkan bahwa model ESTAR (*Exponential Smooth Transition Autoregressive*) merupakan model yang terbaik untuk real exchange rate tersebut (Tayyab, M., Ayesha. T, Madiha. R,2012). Model *real exchange rate* lain ditemukan pada pinggiran Afrika Selatan yang menyebutkan bahwa model ESTAR (*Exponential Smooth Transition Autoregressive*) merupakan model terbaik yang digunakan pada penelitian (Aye *et al.*, 2013).

Dari latar belakang di atas maka penulis tertarik untuk menganalisis yang difokuskan pada pemodelan runtun waktu nonlinier menggunakan metode *Exponential Smooth Transition Autoregressive* (ESTAR) untuk selanjutnya meramalkan suatu data runtun waktu (time series) nonlinier.

Penelitian ini didukung dengan penggunaan paket program R dan Eviews 9. Paket program R dan Eviews 9 adalah paket program yang mendukung analisis dalam bidang statistika, riset operasi, analisis ekonomi, time series dan lain-lain.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun permasalahannya antara lain:

1. Bagaimana model data runtun waktu (*time series*) nonlinier menggunakan metode *Exponential Smooth Transition Autoregressive* (ESTAR)?
2. Bagaimanakah peramalan data runtun waktu (*time series*) nonlinier menggunakan metode *Exponential Smooth Transition Autoregressive* (ESTAR)?

3. Manakah yang lebih akurat antara program paket Eviews 9 dan R untuk meramalkan data runtun waktu (*time series*) nonlinier?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi hanya untuk mengatasi masalah data nonlinier.
2. Penelitian ini hanya menggunakan metode *Exponential Smooth Transition Autoregressive* (ESTAR) dalam memodelkan dan meramalkan data runtun waktu (*time series*) nonlinier.
3. Paket program yang mendukung penelitian adalah R dan Eviews 9.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Memodelkan data runtun waktu (*time series*) nonlinier menggunakan metode *Exponential Smooth Transition Autoregressive* (ESTAR).
2. Meramalkan data runtun waktu (*time series*) nonlinier menggunakan metode *Exponential Smooth Transition Autoregressive* (ESTAR).
3. Mengetahui program yang lebih akurat antara program paket Eviews 9 dan R untuk meramalkan data runtun waktu (*time series*) nonlinier.

1.5 Manfaat Penelitian

1.5.1 Manfaat Bagi Peneliti

Peneliti dapat memodelkan dan meramalkan data runtun waktu (*time series*) nonlinier menggunakan metode *Exponential Smooth Transition*

Autoregressive (ESTAR). Sehinggan metode ini dapat dipergunakan untuk kepentingan kependidikan.

1.5.2 Manfaat Bagi Matematika

Manfaat hasil penelitian ini adalah dapat menambah ilmu yang baru serta dapat dijadikan referensi pada penelitian ini dan dapat menambah dokumen kepustakaan dalam pengembangan matematika.

1.6 Sistematika Penulisan Skripsi

Secara garis besar skripsi dibagi menjadi tiga bagaian (bab) yaitu bagian awal skripsi, bagian isi skripsi dan bagian akhir skripsi. Berikut ini menjelaskan masing – masing bagian skripsi.

1. Bagian awal skripsi

   Bagian awal skripsi meliputi halaman judul, pernyataan keaslian tulisan, pengesahan, motto dan persembahan, kata pengantar, abstrak, daftar isi, daftar gambar, daftar tabel dan daftar lampiran.

2. Bagian isi skripsi

   Bagian skripsi skripsi secara garis besar terdiri dari lima bab, yaitu :

   BAB I PENDAHULUAN

   Bab ini berisi mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan skripsi

   BAB II TINJAUAN PUSTAKA

   Bab ini berisi tentang kajian teori yang mendasari dan berhubungan dengan pemecahan masalah. Teori – teori tersebut digunakan untuk memecahkan masalah yang diangkat dalam skripsi ini. Teori yang digunakan adalah Spatial Durbin Models, pemrograman Math-lab dan kerangka berfikir.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini mengulas metode yang digunakan dalam penelitian yang berisi langkah – langkah yang dilakukan untuk memecahkan masalah yaitu fokus permasalahan, metode pengumpulan data, pemecahan masalah dan penarikan kesimpulan.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi mengenai penyelesaian dari permasalah yang dingkapkan.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari pembahasan dan saran yang berkaitan dengan simpulan.

3. Bagian Akhir skripsi

Bagian akhir skripsi ini meliputi daftar pustaka yang memberikan informasi tentang buku sumber literatur yang digunakan dan lampiran – lampiran yang mendukung skripsi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

5.1 Forecasting

Metode peramalan merupakan bagian dari ilmu Statistika. Salah satu metode peramalan adalah deret waktu. Metode ini disebut sebagai metode peramalan deret waktu karena memiliki karakteristik bahwa data yang dianalisis bersifat deret waktu. Periode waktu dari deret waktu dapat berupa tahunan, mingguan, bulanan, semesteran, kuartal dan lain-lain.

Peramalan adalah kegiatan untuk memeperkirakan apa yang akan terjadi pada masa yang akan datang. Dalam usaha mengetahui atau melihat perkembangan di masa depan, peramalan dibutuhkan untuk menentukan kapan suatu peristiwa akan terjadi atau suatu kebutuhan akan timbul, sehingga dapat dipersiapkan kebijakan atau tindakan-tindakan yang perlu dilakukan. Peramalan merupakan bagian integral dari kegiatan pengambilan keputusan manajemen (Nasution, 2011:20-21).

Peramalan adalah seni dan ilmu untuk memprediksi masa depan. Peramalan muncul karena adanya waktu senjang (time lag) antara kesadaran akan peristiwa atau kebutuhan mendatang dengan peristiwa itu sendiri. Peramalan diperlukan untuk menetapkan suatu peristiwa akan terjadi sehingga tindakan yang tepat dapat dilakukan. Peramalan merupakan alat bantu yang penting dalam perencanaan yang efektif dan efisien (Hendikawati, 2011:5).

Peramalan atau *forecasting* adalah suatu proses untuk memperkirakan berapa kebutuhan di masa datang yang meliputi kebutuhan dalam ukuran kuantitas, kualitas, waktu dan lokasi yang dibutuhkan dalam rangka memenuhi permintaan barang ataupun jasa. *Forecasting* yang akurat merupakan informasi yang sangat dibutuhkan dalam pengam-bilan keputusan manajemen.

Peramalan adalah kegiatan memperkirakan atau memprediksi apa yang terjadi pada waktu yang akan datang, sedangkan rencana merupakan penentuan apa yang akan dilakukan pada waktu yang akan datang. Peramalan menjadi sangat penting karena penyusunan suatu rencana diantaranya didasarkan pada suatu proyeksi atau peramalan.

Peramalan adalah suatu untuk memperkirakan keadaan dimasa yang akan datang melalui pengujian keadaan dimasa lalu. Dalam kehidupan sosial segala sesuatu itu serba tidak pasti, sukar diperkirakan secara tepat. Dalam hal ini perlu diadakan peramalan. Peramalan yang dibuat selalu diupayakan agar dapat meminimumkan pengaruh ketidakpastian ini terhadap sebuah permasalahan. Dengan kata lain peramalan bertujuan mendapatkan peramalan yang bisa meminimumkan kesalahan meramal (*forecast error*) yang biasanya diukur dengan *mean square error*, *mean absolute error*, dan sebagainya.

Kegunaan peramalan terlihat pada saat pengambilan keputusan. Keputusan yang baik adalah keputusan yang didasarkan atas pertimbangan – pertimbangan yang akan terjadi pada waktu keputusan itu dilaksanakan.

Pada umumnya kegunaan peramalan adalah sebagai berikut:

1. Sebagai alat bantu dalam perencanaan yang efektif dan efesien
2. Untuk memperkirakan sumber daya pada masa yang akan datang
3. Untuk membuat keputusan yang tepat

Dengan digunakannya peralatan metode-metode peramalan maka akan memberikan hasil peramalan yang lebih dapat dipercaya ketetapannya. Oleh karena masing-masing metode peramalan berbeda-beda, maka penggunaannya harus hati-hati terutama dalam pemilihan metode untuk penggunaan dalam kasus tertentu.

Keberhasilan dari suatu peramalan sangat ditentukan oleh:

a. Pengetahuan teknik tentang pengumpulan informasi (data) masa lalu, data ataupun informasi tersebut bersifat kuantitatif.

b. Teknik dan metode yang tetap dan sesuai dengan pola data yang telah dikumpulkan.

Gambaran perkembangan pada masa lalu yang akan datang diperoleh dari hasil analisa data yang didapat dari penelitian yang telah dilakukan. Perkembangan pada masa depan merupakan perkiraan apa yang akan terjadi, sehingga dapat dikatakan bahwa peramalan selalu diperlukan didalam penelitian. Ketepatan penelitian merupakan hal yang penting, walaupun demikian perlu diketahui bahwa sesuatu ramalan selalu ada unsur kesalahannya, sehingga yang perlu diperhatikan adalah usaha untuk memperkecil kesalahan dari ramalan tersebut.

Tahapan peramalan menurut John. E Harke, Dean, W. Wichern dan G. Reitsch (2003:23) yaitu sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data

   Pengumpulan data yaitu proses pengambilan data yang sesuai dengan meyakinkan kebenarannya.

2. Pemadatan atau Pengurangan Data

   Pemadatan atau pengurangan diperlukan karena mungkin saja terjadi kelebihan data dalam proses peramalan atau sebaliknya terlalu sedikit. Beberapa data mungkin tidak relevan dengan masalah dan hal ini dapat mengurangi keakuratan peramalan.

3. Penyusunan dan Evaluasi Modal

   Penyusunan dan pengevaluasian modal meliputi pencocokan data terkumpul ke dalam modal yang sesuai dalam hal meminimasi.

4. Evaluasi Peramalan

   Evaluasi peramalan melibatkan dan membandingkan nilai peramalan dengan nilai historis aktual. Dalam proses ini beberapa nilai data terkini kemudian diambilkan dari himpunan data yang sedang dianalisa.

Tujuan dan fungsi peramalan menurut Heizer dan Render (2006) yaitu untuk mengkaji kebijakan perusahaan yang berlaku saat ini dan dimasa lalu serta melihat sejauh mana pengaruh di masa datang. Peramalan diperlukan karena adanya *Time Lag* atau *Delay* anatar saat suatu kebijakan perusahaan ditetapkan dengan saat impementasi. Permalan merupakan dasar penyusun bisnis pada suatu perusahaan sehingga dapat meningkatkan efektifitas suatu rencana bisnis.

Ketetapan metode peramalan dapat diketahui dengan melakukan serangkaian perhitungan. Ukuran–ukuran yang digunakan adalah ukuran statistik standar yang terdiri dari *Mean Error (ME), Mean Absolut Error (MAE), Sum Squared Error (SSE), Mean Squared Error (MSE),* dan *Standar Deviation of Error (SDE)*. Kemudian kedua adalah ukuran relatif diantaranya yaitu *Precent Tage Error, Mean Precent Tage Error,* dan *Mean Absolut Precent Tage Error.*

5.2 Runtun Waktu dan Stasioneritas

Di dalam analisis runtun waktu, asumsi stasioneritas dari data merupakan sifat yang penting. Pada model stasioner, sifat-sifat statistik di masa yang akan datang dapat diramalkan berdasarkan data historis yang telah terjadi di masa lalu (Rosadi:38). Stasioner berarti tidak terdapat kenaikan atau penurunan pada data. Runtun waktu dikatakan stasioner apabila stasioner dalam rata-rata dan variansi. Suatu data runtun waktu dikatakan stasioner dalam rata-rata jika rata-rata data runtun waktu tersebut relatif konstan dari waktu ke waktu atau bisa dilihat tidak ada unsur *trend* dalam data. Jadi jika data dipotong pada interval waktu manapun, akan mempunyai mean yang relatif sama. Suatu data runtun waktu dalam variansi jika struktur data dari waktu ke waktu mempunyai fluktuasi data yang tetap atau konstan dan tidak berubah-ubah atau tidak ada perubahan variansi dalam besarnya fluktuasi. Selain plot data, plot fungsi autokorelasi (*autocorelaction functional*/ACF) dan plot fungsi autokorelasi parsial (*partial autocorrelation* *functional*/PACF), kestasioneran juga dapat dilihat menggunakan uji *Augmented Dickey Fuller* (ADF).

Menurut Rosadi (2011) dalam bukunya yang berjudul *Ekonometrika & Analisis Runtun Waktu Terapan dengan Eviews*, pengujian stasioneritas dari suatu data runtun waktu dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu sebagai berikut:

1. Untuk mendeteksi ketidak-stasioneran data dalam *mean* (rata-rata) dapat digunakan plot dari data dalam urutan waktu, plot fungsi autokorelasi (*autocorelaction functional*/ACF) dan plot fungsi autokorelasi parsial (*partial autocorrelation functional*/PACF). Jika data mengandung *trend* maka plot ACF/PACF akan meluruh secara perlahan dan data non-stasioner dalam mean.
2. Untuk mendeteksi ketidakstasioneran dalam variansi dapat digunakan plot ACF/PACF dari residual kuadrat.
3. Uji *unit root*. Stasioneritas data juga dapat diperiksa dengan mengamati aakah runtun waktu mengandung akar unit (*unit root*), yakni apakah terapat komponen *trend* yang berupa *random walk* dalam data. Terdapat berbagai metode untuk melakukan uji akar unit, diantaranya *Dickey-Fuller*, *Augmented Dickey Fuller*, dan lain-lain.

5.3 ACF dan PACF

2.3.1 ACF

Beberapa konsep yang berkaitan dengan analisis *time series* adalah *Autocorrelation Function (ACF)* atau fungsi autokorelasi dan *Partial Autocorrelation Function (PACF)* atau fungsi autokorelasi parsial. Autokorelasi merupakan korelasi atau hubungan antar data pengamatan suatu data *time series*.

Dalam model *time series*, alat utama untuk mengidentifikasi model data yang akan diramalkan dengan menggunakan ACF/*Autocorrelation Function*/ Fungsi Autokorelasi. Menurut Wei (1990: 10) dari proses stasioner suatu data *time series* $\{Z_t\}$, dipunyai *mean* $E(Z_t) = \mu = 0$ dan variansi $Var\ (Z_t) = \sigma^2$ yang konstan dan kovariansi $Cov\ (Z_t, Z_{t+k})$ yang fungsinya hanya pada pembedaan waktu $|t-(t+k)|$.

Maka dari itu hal tersebut dapat ditulis sebagai kovariansi antara Z_t dan Z_{t+k} sebagai berikut.

$$\gamma_k = Cov\ (Z_t, Z_{t+k}) = E(Z_t - \mu)(Z_{t+k} - \mu) \tag{2.1}$$

$$\gamma_0 = \sqrt{Var\ Z_t}\sqrt{Var\ (Z_{t+k})} = \sqrt{E(Z_t - \mu)^2}\sqrt{E\ (Z_{t+k} - \mu)^2} \tag{2.2}$$

Korelasi antara Z_t dan Z_{t+k} yaitu

$$\rho_k = \frac{Cov\ (Z_t, Z_{t+k})}{\sqrt{Var\ Z_t}\sqrt{Var\ (Z_{t+k})}} = \frac{E(Z_t - \mu)(Z_{t+k} - \mu)}{\sqrt{E(Z_t - \mu)^2}\sqrt{E\ (Z_{t+k} - \mu)^2}} = \frac{\gamma_k}{\gamma_0} \tag{2.3}$$

(Wei, 1990: 10)

dengan,

μ = rata-rata

γ_k= autokovariansi pada *lag-k*

ρ_k= autokorelasi pada *lag-k*

t= waktu pengamatan, $t = 1,2,3, \ldots$

Dimana notasi $Var\ (Z_t) = Var(Z_{t+k}) = \gamma_0$. Sebagai fungsi dari k, γ_k disebut dengan fungsi autokovariansi dan ρ_k disebut ACF/*Autocorrelation Function*/fungsi autokorelasi, dalam analisis *time series* γ_k dan menggambarkan kovarian dan korelasi antara Z_t dan Z_{t+k} dari proses yang sama, hanya dipisahkan oleh *lag* ke-*k*.

Fungsi autokovariansi γ_k dan fungsi autokorelasi ρ_k memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

(1) $\gamma_0 = Var\ (Z_t);\ \rho_0 = 1.$

(2) $|\gamma_k| \leq \gamma_0;\ |\rho_k| \leq 1.$

(3) $\gamma_k = \gamma_{-k}$ dan $\rho_k = \rho_{-k}$

untuk semua k, γ_k dan ρ_k adalah fungsi yang sama dan simetrik dalam *time origin* $k = 0$. Sifat tersebut diperoleh dari perbedaan waktu antara Z_t dan Z_{t+k}. Oleh sebab itu, fungsi autokorelasi sering hanya diplotkan untuk *lag* non negatif. Plot tersebut terkadang disebut korrelogram.

Menurut Makridakis (1999: 338), koefisien autokorelasi untuk *lag-k* dari runtun waktu dinyatakan sebagai berikut:

$$r_k = \rho_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k}(Z_t - \bar{Z}_t)(Z_{t+k} - \bar{Z}_t)}{\sum_{t=1}^{n}(Z_t - \bar{Z}_t)^2} \tag{2.4}$$

dengan r_k = koefisien autokorelasi

k = selisih waktu

n = jumlah observasi

Z_t = nilai variabel Z pada waktu *t*

Z_{t+k}= nilai variabel Z pada waktu t+k

$\bar{Z}_t$ = nilai rata-rata variabel Z_t

Karena r_k merupakan fungsi atas *k*, maka hubungan koefisien autokorelasi dengan *lag*nya disebut dengan fungsi autokorelasi dan dinotasikan dengan ρ_k. Untuk mengetahui apakah koefisien autokorelasi signifikan atau tidak, perlu dilakukan uji.

Pengujian dapat dilakukan hipotesis:

$H_o: \rho_k = 0$ (koefisien autokorelasi tidak signifikan)

$H_1: \rho_k \neq 0$ (koefisien autokorelasi signifikan)

Statistik uji yang digunakan adalah

(2.5)

$$t_{hit} = \frac{r_k}{SE_{r_k}}$$

(2.6)

dengan $SE_{r_k} = \frac{1}{\sqrt{n}}$

Kriteria keputusan H_o ditolak jika $t_{hit} > t_{\frac{\alpha}{2},n-1}$. Selain menggunakan uji tersebut, untuk mengetahui apakah koefisien autokorelasi yang diperoleh signifikan atau tidak dapat dilihat pada output, yaitu grafik *ACF* residual.

Jika pada grafik *ACF* tidak ada *lag* (bar) yang melebihi garis batas signifikansi (garis putus-putus), maka koefisien autokorelasi yang diperoleh signifikan atau tidak terjadi korelasi antar *lag*.

2.3.2 PACF

Menurut Makridakis *et al.,* (1999: 345), autokorelasi parsial digunakan dalam mengukur tingkat (*association*) antara Z_t dan Z_{t+k} apabila adanya pengaruh *time lag* 1,2,3, .., dan seterusnya sampai $k-1$ dianggap terpisah sedangkan Wei (1990: 12), fungsi autokorelasi parsial dapat dinotasikan dengan

$$Corr\ ((Z_t, Z_{t+k} | Z_{t+1}, Z_{t+2}, \dots, Z_{t+k+1}) \tag{2.7}$$

Ini ditunjuk sebagai fungsi autokorelasi parsial dalam analisis runtun waktu. Autokorelasi parsial merupakan korelasi antara Z_t dan Z_{t+k} dengan mengabaikan ketidakbebasan Z_{t+1}, Z_{t+2},..., Z_{t+k-1}.

Menurut Wei (2006: 11), autokorelasi parsial Z_t dan Z_{t+k} dapat diturunkan dari model regresi linier, dengan variabel *dependent* Z_{t+k} dan variabel Z_{t+k-1}, Z_{t+k-2},..., dan Z_t, yaitu

$$Z_{t+k} = \phi_{k1} Z_{t+k-1} + \phi_{k2} Z_{t+k-2} + \cdots + \phi_{kk} Z_t + a_{t+k} \tag{2.8}$$

(Wei, 2006: 11)

dengan ϕ_{ki} merupakan parameter regresi ke-*i* untuk *i* = 1,2,...,k dan a_{t+k} merupakan residu dengan rata-rata nol dan tidak berkorelasi dengan Z_{t+k-j} untuk *j* = 1,2,...,*k*. Dengan mengalikan Z_{t+k-j} pada kedua ruas persamaan dan menghitung nilai harapannya (*expected value*), diperoleh

(2.9)

$$E(Z_{t+k-j}Z_{t+k})$$
$$= \phi_{k1}E(Z_{t+k-j}Z_{t+k}) + \phi_{k2}E(Z_{t+k-j}Z_{t+k-1}) + \cdots$$
$$+ \phi_{kk}E(Z_{t+k-2}) + E(Z_{t+k-j}e_{t+k})$$

(2.10)

$$\gamma_j = \phi_{k1}\gamma_{j-1} + \phi_{k2}\gamma_{j-2} + \cdots + \phi_{kk}\gamma_{j-k}$$

dan

(2.11)

$$\rho_j = \phi_{k1}\rho_{j-1} + \phi_{k2}\rho_{j-2} + \cdots + \phi_{kk}\rho_{j-k}$$

Untuk j = 1,2,...,k dan $k \geq 1$ diperoleh sistem persamaan berikut

$$\begin{aligned} \rho_1 &= \phi_{k1}\rho_0 + \phi_{k2}\rho_1 + \cdots + \phi_{kk}\rho_{k-1} \\ \rho_2 &= \phi_{k1}\rho_1 + \phi_{k2}\rho_0 + \cdots + \phi_{kk}\rho_{k-2} \\ &\quad . \quad . \quad . \quad . \\ &\quad . \quad . \quad . \quad . \\ \rho_k &= \phi_{k1}\rho_{k-1} + \phi_{k2}\rho_{k-2} + \cdots + \phi_{kk}\rho_0 \end{aligned} \tag{2.12}$$

dengan menggunakan aturan Cramer, berturut-turut unuk k = 1,2,.., diperoleh

(2.13)

$$\phi_{11} = \rho_1$$

$$\phi_{22} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 \\ \rho_1 & \rho_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 \\ \rho_1 & 1 \end{vmatrix}}$$

$$\phi_{33} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 & \rho_1 \\ \rho_1 & 1 & \rho_2 \\ \rho_2 & \rho_1 & \rho_3 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 & \rho_2 \\ \rho_1 & 1 & \rho_1 \\ \rho_2 & \rho_1 & 1 \end{vmatrix}}$$

$$\vdots$$

$$\vdots$$

$$\phi_{kk} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 & \rho_2 & \cdots & \rho_{k-2} & \rho_1 \\ \rho_1 & 1 & \rho_1 & \cdots & \rho_{k-3} & \rho_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ \rho_{k-1} & \rho_{k-2} & \rho_{k-3} & \cdots & \rho_1 & \rho_k \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 & \rho_2 & \cdots & \rho_{k-2} & \rho_{k-1} \\ \rho_1 & 1 & \rho_1 & \cdots & \rho_{k-3} & \rho_{k-2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ \rho_{k-1} & \rho_{k-2} & \rho_{k-3} & \cdots & \rho_1 & 1 \end{vmatrix}}$$

(Wei, 2006)

Karena ϕ_{kk} merupakan fungsi atas *k*, maka ϕ_{kk} disebut fungsi autokorelasi parsial.

Hipotesis untuk menguji koefisien autokorelasi parsial sebagai berikut:

$$H_0: \phi_{kk} = 0$$

$$H_1: \phi_{kk} \neq 0$$

Statistik uji yang digunakan:

(2.14)

$$t = \frac{\phi_{kk}}{SE(\phi_{kk})}$$

dengan $SE(\phi_{kk}) = \frac{1}{\sqrt{n}}$ (2.15)

kriteria keputusan tolak H_0 jika $|t_{hitung}| > t_{\frac{\alpha}{2}df}$,

dengan derajat bebas $df = n - 1, n$ adalah banyaknya data (Wei, 2006: 50).

Dalam pembentukan model dapat juga dengan mengamati pola dari ACF dan PACF, berikut ringkasan sifat teoritis ACF dan PACF untuk proses stasioner (Tarno, 2008).

Tabel 2.1 Karakteristik ACF dan PACF dalam Pembentukan Model

Model	ACF	PACF
AR(p)	Turun secara eksponensial Berbentuk sinusoida	Terpotong setelah lag p
MA(q)	Terpotong setelah lag q	Turun secara eksponensial Berbentuk sinusoida
ARMA(p,q)	Terpotong setelah lag (q-p)	Terpotong setelah lag (p-q)

2.4 Uji ADF

Model stasioner adalah model yang semua sifat statistiknya tidak berubah oleh pergeseran waktu sehingga untuk keperluan peramalan diharapkan data bersifat stasioner karena sifat historis data di masa lampau tetap ada dan digunakan pada peramalan periode mendatang. Kestasioneran data dapat diketahui menggunakan uji ADF. Untuk menggambarkan uji statistik ADF, berkaitan dengan autoregresif, dengan model AR sederhana (1);

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \varepsilon_t \tag{2.16}$$

Menurut Tsay (2005), hipotesis stasioneritas daat dituliskan:

$H_o: \phi \geq 1$ (data runtun waktu tidak stasioner)

$H_1: \phi < 1$ (data runtun waktu stasioner).

Statistik uji ADF dapat dituliskan:

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\phi}}{sd(\hat{\phi})} \tag{2.17}$$

dengan $\hat{\phi}$ adalah koefisien *autoregressive* (AR), $sd(\hat{\phi})$ adalah simpangan baku dari taksiran koefisien AR. Uji tersebut daat diterapkan pada model AR(p).

Daerah kritis bahwa H_o ditolak jika $t_{hitung} > t_{\propto,n-p}$ atau $p - value < \propto$ dengan $\propto$ adalah tingkat signifikansi. Jika data belum stasioner, maka perlu dihitung log *return* dari data.

2.5 Model AR(p)

Jika *series* stasioner adalah fungsi linier dari nilai-nilai yang berurutan atau nilai sekarang *series* merupakan rata-rata tertimbang nilai-nilai lampaunya bersama dengan kesalahan sekarang, maka persamaan itu dinamakan model *autoregressive*.

Model AR (*Autoregressive*) adalah suatu model yang menggambarkan bahwa variabel dependen dipengaruhi oleh variabel dependen itu sendiri pada periode-periode atau waktu-waktu sebelumnya (Sugiarto dan Harijono, 2000:17).

Bentuk umum suatu proses *Autoregresive* tingkat AR (p) menurut Soejoeti (1987) adalah

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \cdots + \phi_p Z_{t-p} + a_t \tag{2.18}$$

(Hendikawati, Putriaji. 2015: 16)

dengan,

Z_t : nilai variabel dependen pada waktu ke-t

ϕ_0 : intersep

Z_{t-p} : varibel independen yang dalam hal ini merupakan lag (beda waktu) dari variabel dependen pada satu periode sebelumnya

a_t : variabel residual pada waktu t

ϕ_1, ϕ_2, ϕ_p : koefisien/parameter dari model *Autoregresive*

p : order AR

Persamaan (2.18) dapat ditulis dengan menggunakan operator B (*backshift*):

(2.19)

$$Z_t = \phi_1 B X_t + \phi_2 B^2 X_t + \cdots + \phi_p B^p X_t + a_t$$

dimana: $\phi B = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \cdots - \phi_p B^p$, disebut operator AR (p) orde dari model AR diberi notasi p yang ditentukan oleh jumlah periode variabel dependen yang masuk dalam model.

2.6 Estimasi Parameter AR(p)

Estimasi dari parameter model dapat diperoleh dengan menggunakan metode kuadrat terkecil *(least square method)*, yaitu dengan meminimumkan jumlah kuadrat resdiual (*sum squared error*) berikut:

(2.20)

$$\sum a_t^2 = SSE = \sum_{t=1}^{n} (Z_t - \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \cdots + \phi_p Z_{t-p})^2$$

Jumlah kuadrat residual pada persamaan (2.20) akan minimum jika turunan parsial pertama terhadap $\phi_1, \phi_2, \ldots, \phi_p$ sama dengan nol.

Misal dipunyai model AR(1) sebagai berikut:

(2.21)

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + a_t$$

Dengan t=1,2,...,n dan $a_t = N(0, \sigma^2)$. Nilai estimasi dari ϕ_1 dapat diperoleh dengan meminimumkan jumlah kuadrat residual berikut:

(2.22)

$$\sum a_t^2 = SSE = \sum_{t=1}^{n} (Z_t - \phi_1 Z_{t-1})^2$$

Jumlah kuadrat residual pada persamaan (2.22) akan menimum jika turunan parsial terhadap ϕ sama dengan nol,

$$\frac{\partial SSE}{\partial \phi} = -2Z_{t-1} \sum_{t=1}^{n} (Z_t - \phi_1 Z_{t-1}) = 0$$

$$\sum_{t=1}^{n} Z_{t-1} Z_t - \phi_1 \sum_{t=1}^{n} Z_{t-1}^2 = 0$$

$$\phi_1 = \frac{\sum_{t=1}^{n} Z_{t-1} Z_t}{\sum_{t=1}^{n} Z_{t-1}^2}$$

Estimasi dari ϕ_1 dapat dinyatakan sebagai:

$$\widehat{\phi_1} = \frac{\sum_{t=1}^{n} Z_{t-1} Z_t}{\sum_{t=1}^{n} Z_{t-1}^2}$$

Untuk model AR(p)

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \cdots + \phi_p Z_{t-p} + a_t$$

dengan t=1, 2, ..., n dan $a_t \sim N(0, \sigma^2)$ diperoleh sistem persamaan linier dengan parameter sebagai berikut:

$$\frac{\partial SSE}{\partial \phi_1} = -2Z_{t-1}\sum_{t=1}^{n}\left(Z_t - \phi_1 Z_{t-1} - \phi_2 Z_{t-2} - \cdots - \phi_p Z_{t-p}\right) = 0$$

$$\frac{\partial SSE}{\partial \phi_2} = -2Z_{t-2}\sum_{t=1}^{n}\left(Z_t - \phi_1 Z_{t-1} - \phi_2 Z_{t-2} - \cdots - \phi_p Z_{t-p}\right) = 0$$

$$\begin{matrix} . & . & . & . \\ . & . & . & . \end{matrix}$$

$$\frac{\partial SSE}{\partial \phi_p} = -2Z_{t-p}\sum_{t=1}^{n}\left(Z_t - \phi_1 Z_{t-1} - \phi_2 Z_{t-2} - \cdots - \phi_p Z_{t-p}\right) = 0$$

Sehingga dieroleh:

$$\phi_1 \sum_{t=1}^{n} Z_{t-1}^2 + \phi_2 \sum_{t=1}^{n} Z_{t-1}Z_{t-2} + \cdots + \phi_p \sum_{t=1}^{n} Z_{t-1}Z_{t-p} = \sum_{t=1}^{n} Z_{t-1}Z_t$$

$$\phi_1 \sum_{t=1}^{n} Z_{t-1}Z_{t-2} + \phi_2 \sum_{t=1}^{n} Z_{t-1}^2 + \cdots + \phi_p \sum_{t=1}^{n} Z_{t-2}Z_{t-p} = \sum_{t=1}^{n} Z_{t-2}Z_t$$

$$\begin{matrix} . & . & . & . \\ . & . & . & . \end{matrix}$$

$$\phi_1 \sum_{t=1}^{n} Z_{t-1}Z_{t-p} + \phi_2 \sum_{t=1}^{n} Z_{t-p}Z_{t-2} + \cdots + \phi_p \sum_{t=1}^{n} Z_{t-p}^2 = \sum_{t=1}^{n} Z_{t-p}Z_t$$

jika direpresentasikan ke dalam bentuk matriks maka dapat disederhanakan menjadi:

$$\begin{bmatrix} \sum_{t=1}^{n} Z_{t-1}^2 & \sum_{t=1}^{n} Z_{t-1}Z_{t-2} & \cdots & \sum_{t=1}^{n} Z_{t-1}Z_{t-p} \\ \sum_{t=1}^{n} Z_{t-1}Z_{t-2} & \sum_{t=1}^{n} Z_{t-2}^2 & \cdots & \sum_{t=1}^{n} Z_{t-2}Z_{t-p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{t=1}^{n} Z_{t-1}Z_{t-p} & \sum_{t=1}^{n} Z_{t-p}Z_{t-2} & \cdots & \sum_{t=1}^{n} Z_{t-p}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \vdots \\ \phi_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{t=1}^{n} Z_{t-1}Z_t \\ \sum_{t=1}^{n} Z_{t-2}Z_t \\ \vdots \\ \sum_{t=1}^{n} Z_{t-p}Z_t \end{bmatrix}$$

atau dapat dituliskan menjadi

$$z'z\phi = z'Z,$$

dengan

$$z = \begin{bmatrix} Z_{1(t-1)} & Z_{1(t-2)} & \cdots & Z_{1(t-p)} \\ Z_{2(t-2)} & Z_{2(t-3)} & \cdots & Z_{2(t-p-1)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Z_{n(t-p)} & Z_{n(t-p-1)} & \cdots & Z_{n(t-n)} \end{bmatrix}, Z = \begin{bmatrix} Z_{1t} \\ Z_{2t} \\ \vdots \\ Z_{nt} \end{bmatrix}, dan\ \phi = \begin{bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \vdots \\ \phi_p \end{bmatrix}$$

2.7 Pemeriksaan Diagnostik

Setelah model *Autoregressive* diperoleh dilakukan uji autokorelasi dan uji homoskesdastisitas terhadap residu yang dihasilkan model *Autoregressive*. Autokorelasi merupakan korelasi antara anggota dari serangkaian observasi yang diurutkan menurut waktu. Model dikatakan baik apabila residu yang dihasilkan tidak memiliki autokorelasi. Menurut William (1993) dapat diuji menggunakan uji *Breusch-Godfrey*, hipotesisnya adalah

H_0 : tidak terdapat autokorelasi di dalam residu model

H_1 : terdapat autokorelasi di dalam residu model.

Statistik uji *Breusch-Godfrey* adalah sebagai berikut

(2.23)

$$n^* = (N - l)R^2$$

dengan N adalah ukuran sampel, l adalah jumlah lag dan R^2 adalah koefisien determinasi dari model regresi dimana digunakan untuk uji kecocokan model. H_0 akan ditolak jika $n^* > X_k^2$.

$$R^2 = \frac{JKS}{JKR} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\hat{Y}_i - \bar{Y}\right)^2}{\sum_{i=1}^{n}(Y_i - \bar{Y})^2}$$

Dalam hubungan skripsi ini menggunakan uji *F*, adapun hubungan antara uji *F* dan X_k^2 adalah jika $X_{k_1}^2$ dan $X_{k_2}^2$ variabel chi-kuadrat yang didistribusikan secara independen dengan derajat bebas secara berturut-turut k_1 dan k_2, variabel

$$F = \frac{x_{k_1}^2}{x_{k_2}^2} \tag{2.24}$$

mengikuti distribusi *F* dengan derajat bebas k_1 dan k_2 (Gujarati, 1978).

Unsur homoskesdastisitas merupakan salah satu aumsi yang harus dipenuhi oleh suatu model regresi linier agar estimasi model memiliki sifat *Best Linear Unbiased Estimator (BLUE)*. Homoskesdastisitas adalah keadaan suatu data yang tidak memenuhi asumsi homoskesdastisitas yaitu variansi error untuk setiap variabel bebas r_t yang diketahui tidak konstan.

Menurut William (1993), menguji data tidaknya efek heteroskesdastisitas dengan menggunakan uji *ARCH Lagrange Multiplier (LM)* dengan uji hipotesis adalah

H_0 : $\propto_1 = \propto_2 = \cdots = \propto_q$ (tidak ada efek *ARCH* sampai lag-*q*)

H_1 : paling sedikit terdapat satu $\propto_k \neq 0, k = 1,2,\dots,q$.

Menggunakan asumsi normalitas, statistik uji yang digunakan adalah

$$\xi = NR^2$$

dengan *N* adalah ukuran sampel dan R^2 adalah koefisien determinasi data dengan model. H_0 akan ditolak jika $\xi > X_k^2$.

2.8 Kriteria Pemilihan Model

Model terbaik dapat dipilih berdasarkan nilai Akaike Info Criterion (AIC) (Wei:1990), AIC dituliskan sebagai berikut:

$$AIC(M) = n \ln \hat{\sigma}_a^2 + 2M \qquad (2.25)$$

dengan:

M = Jumlah parameter pada model

$\hat{\sigma}_a^2$ = Estimator maximum likelihood bagi σ_a^2

n = jumlah observasi

Kriteria AIC untuk memilih model yang terbaik, jika nilai AIC (M) minimum.

2.9 Model Smooth Transition Autoregressive (STAR)

Model STAR merupakan pemodelan nonlinierr dan perluasan dari model autoregresif di mana dalam modelnya terdapat dua rezim dan nilai dari parameternya dimuluskan dengan pemulusan transisi.

Menurut Terasvisrta (1994), model STAR(p,d) untuk runtun waktu univariat yang diobservasi pada saat t-1,...,T-1,T dimodelkan sebagai,

(2.26)

$$Z_t = \phi_1' Y_t \big(1 - G(\gamma, c, Z_{t-d})\big) + \phi_2' Y_t G(\gamma, c, Z_{t-d}) + \varepsilon_t$$

atau dapat dituliskan dalam bentuk

(2.27)

$$Z_t = \phi_1' \tilde{Z}_t + (\phi_2 - \phi_1) \tilde{Z}_t G(\gamma, c, Z_{t-d}) + \varepsilon_t$$

dimana:

STAR (p,d) : model STAR dengan orde p dan variabel transisi Z_{t-d}

$Y_t = (1, \tilde{Z}_t)$ dimana $\tilde{Z}_t = Z_{t-1}, Z_{t-2}, \dots, Z_{t-p}$: *log return* saat periode ke-t

$\phi_1 = \left[\phi_{1,0}, \phi_{1,1}, \phi_{1,2}, \dots, \phi_{1,p}\right]$: parameter pada rezim 1

$\phi_2 = \left[\phi_{2,0}, \phi_{2,1}, \phi_{2,2}, \dots, \phi_{2,p}\right]$: parameter pada rezim 2

Z_{t-d} : variabel transisi dimana $1 \le d \le p$

$G(\gamma, c, Z_{t-d})$: fungsi transisi c : parameter lokasi

γ : *slope*

ε_t : nilai residu sampai waktu ke-t dari model $STAR(p,d)$.

Persamaan (2.27) dijabarkan menjadi

$$Z_t = \left(\phi_{1,0} + \phi_{1,1}Z_{t-1} + \cdots + \phi_{1,p}Z_{t-p}\right)\left(1 - G(\gamma, c, Z_{t-d})\right)$$
$$+ \left(\phi_{2,0} + \phi_{2,1}Z_{t-1} + \cdots + \phi_{2,p}Z_{t-p}\right)\left(G(\gamma, c, Z_{t-d})\right) + \varepsilon_t$$

atau dapat dituliskan menjadi

$$Z_t = \left(\phi_{1,0} + \sum_{j=1}^{p} \phi_{1,j}\, Z_{t-j}\right)\left(1 - G(\gamma, c, Z_{t-d})\right) + \left(\phi_{2,0} + \sum_{j=1}^{p} \phi_{2,j}\, Z_{t-j}\right)G(\gamma, c, Z_{t-d}) + \varepsilon_t.$$

Fungsi transisi $G(\gamma, c, Z_{t-d})$ bergantung pada nilai variabel transisi Z_{t-d}, $slope(\gamma)$ menentukan kemulusan antar rezim, sedangkan nilai dari parameter lokasi (c) mengindikasikan lokasi transisi.

Model STAR yang mempunyai fungsi transisi eksponensial disebut *Exponential Smooth Transition Autoregressive* dan model STAR yang mempunyai fungsi transisi logistik disebut *Logistic Smooth Transition Autoregressive*. Sifat dari fungsi transisi logistik dan eksponensial yaitu pada saat parameter $slope\, \gamma = 0$, model *LSTAR* dan *ESTAR* akan menjadi model linier.

Spesifikasi model *Exponential Smooth Transition Autoregressive* (ESTAR) adalah sebagai berikut:

(2.28)

$$Z_t = \phi_1' X_t (1 - (1 - \exp(-\gamma(s_t - c)^2))) + \phi_2' X_t (1 - \exp(-\gamma(s_t - c)^2)) + \varepsilon_t$$

Spesifikasi model *Logistic Smooth Transition Autoregressive* (LSTAR) adalah sebagai berikut:

(2.29)

$$Z_t = \phi_1' X_t \left(1 - \left(\frac{1}{1 + \exp(-\gamma(s_t - c))}\right)\right) + \phi_2' X_t \left(1 - \left(\frac{1}{1 + \exp(-\gamma(s_t - c))}\right)\right) + \varepsilon_t$$

2.10 Pengujian Nonlinieritas

Nonlinieritas dapat diuji dengan statistik *Lagrange Multiplier (LM)*, di mana statistik uji ini memiliki distribusi asimtotis standar *Chi-Squared* (X^2) di bawah H_0. Hipotesis nol pengujian nonlinieritas dapat ditulis sebagai berikut:

$H_0 : \phi_{1,j} = \phi_{2,j}$ (model linier)

$H_1 : \phi_{1,j} \neq \phi_{2,j}$ (model nonlinier)

dengan j=0,1,...,p.

Statistik LM_3 berdasarkan model regresi bantu dapat diperoleh dengan cara:

1. Meregresikan X_t terhadap $\tilde{X}_t$, menghitung residual $\hat{\varepsilon}_t$, dan jumlah kuadrat residual

$$SSR_0 = \sum_{i=1}^{T} \hat{\varepsilon}_t^2$$

2. Menduga regresi bantuan (*auxiliary regression)* $\hat{\varepsilon}_t$ terhadap $(1, \tilde{X}_t)$ dan kemudian menghitung jumlah residual kuadrat

$$SSR_1 = \sum_{i=1}^{T} \hat{e}_t^2$$

3. Dengan hipotesis

   $H_0: \beta_{1,1} = \cdots \beta_{1,p} = \beta_{2,1} = \cdots \beta_{2,p} = \beta_{3,1} = \cdots \beta_{3,p} = 0$ (model linier),

   H_1 : minimal ada satu β yang tidak sama dengan nol (model nonlinier),

   statistik uji LM_3 dapat dihitung berdasarkan

$$LM_3 = T\frac{(SSR_0 - SSR_1)}{SSR_0}$$

   dimana distribusinya mengikuti X^2_{3p}.

2.11 Pemilihan Fungsi Transisi

Jika uji nonlinieritas diterima, dan variabel transisi yang tepat telah dipilih maka langkah selanjutnya adalah memilih bentuk dari fungsi transisi $G(\gamma, c, s_t)$, pemilihan fungsi transisi $G(\gamma, c, s_t)$ dilakukan dengan menguji urutan hipotesis nol dari regresi bantu:

$$Z_t = \beta_{0,0} + \beta_0'\tilde{Z}_t + \beta_1'\tilde{Z}_t s_t + \beta_2'\tilde{Z}_t s_t^2 + \beta_3'\tilde{Z}_t s_t^3 + e_t$$

Hipotesis:

H_0: $\beta_3' = 0$ (fungsi transisi eksponensial)

H_1: $\beta_3' = 0$ (fungsi transisi logistik)

statistik Uji: $t = \frac{\widehat{\beta}_3'}{se(\widehat{\beta}_3')}$

dengan $\hat{\beta}_3'$ = penduga bagi β_3'

$se(\hat{\beta}_3')$ = standar eror $\hat{\beta}_3'$

Kriteria Penolakan:

Dengan menggunakan tingkat signifikansi $\propto$, maka H_0 akan ditolak apabila $|t\ hitung| \geq t_{\frac{\propto}{2},dbg}$ dengan dbg adalah derajat bebas galat dari regresi bantu, atau nilai $p - value < \propto$ maka H_0 ditolak.

2.12 Estimasi Pemilihan Model

Model terbaik dapat dipilih menggunakan metode nonlinier least square (NLS) untuk mengestimasi parameter. Estimasi parameter pada metode NLS ditentukan dengan meminimumkan jumlah kuadrat residu yang didefinisikan sebagai:

(2.30)

$$\hat{\theta} = argmin \sum_{t=1}^{T} \left(Z_t - F(X_t;\theta)\right)^2$$

dengan

$$F(X_t;\theta) = \phi_1' X_t\left(1 - G(s_t,\gamma,c)\right) + \phi_2' X_t G(s_t,\gamma,c)$$

Proses pencarian nilai parameter pada metode NLS ini dilakukan dengan menggunakan metode numerik yaitu metode *Gauss-Newton* untuk melakukan estimasi secara iterasi.

Metode *Gauss-Newton*

Metode *Gauss-Newton* merupakan suatu algoritma untuk meminimumkan jumlah kuadrat residu. Konsep yang mendasari teknik tersebut adalah uraian deret *Taylor* yang digunakan untuk menyatakan persamaan nonlinier semula dalam suatu bentuk pendekatan yang linier. Dengan demikian, teori NLS dapat digunakan untuk memperoleh estimator-estimator baru dari parameter yang bergerak ke arah yang meminimumkan jumlah kuadrat residu tersebut.

Secara umum iterasi *Gauss-Newton* dinyatakan sebagai berikut:

(2.31)

$$\theta^{(i+1)} = \theta^{(i)} - \left[D\left(\theta^{(i)}\right)' D\left(\theta^{(i)}\right)\right]^{-1} D(\theta^{(i)})'[Z_t - F(X_t;\theta)],$$

dengan,

$$D\left(\theta^{(i)}\right) = \left[\frac{\partial F(X_1, \theta^{(i)})}{\partial \theta}, \frac{\partial F(X_2, \theta^{(i)})}{\partial \theta}, \dots, \frac{\partial F(X_t, \theta^{(i)})}{\partial \theta}\right]$$

misal dipunyai model *ESTAR(p,d)* sedemikian sehingga:

(2.32)

$$Z_t = \left(\phi_{1,0} + \sum_{j=1}^{p} \phi_{1,j} Z_{t-j}\right)\left(1 - G(\gamma, c, s_t)\right) + \left(\phi_{2,0} + \sum_{j=1}^{p} \phi_{2,j} Z_{t-j}\right) G(\gamma, c, s_t) + \varepsilon_t$$

dengan,

$$G(\gamma, c, s_t) = 1 - \exp(-\gamma(s_t - c)^2)$$

Oleh karena itu, dimiliki vektor parameter θ sebagai berikut:

$$\theta = \left(\phi_{1,0}, \dots, \phi_{1,p}, \phi_{2,0}, \dots, \phi_{2,p}, \gamma, c\right)'$$

Menurut Nainggolan (2010), langkah awal algoritma *Gauss-Newton* adalah menentukan nilai awal dan kemudian didekati dengan $F(X_t; \theta)$ untuk T pengamatan oleh bentuk linier menggunakan ekspansi deret Taylor di sekitar nilai awal $g^{(0)}$ yaitu:

$$F(X_t, \theta) \approx F\left(X_t, g^{(0)}\right) + \left[\frac{\partial F(X_t, \theta)}{\partial \theta}\right]_{\widehat{\theta = g}} (\theta - g^{(0)})|,$$

dengan

$g^{(0)} = \left[g_0^{(0)} g_1^{(0)} \dots g_k^{(0)}\right]'$ adalah vektor dari parameter nilai awal dengan penyederhanaan notasi:

$F_t^{(0)} = F(X_t, g^{(0)}),$

$\beta^{(0)} = \theta - g^{(0)}$,

$$D_t^{(0)} = \left[\frac{\partial F(X_t, \theta)}{\partial \theta}\right]_{\hat{\theta}^{(0)} = g^{(0)}},$$

Maka persamaannya dapat ditulis menjadi:

$$F(X_t, \theta) \approx F_t^{(0)} + D_t^{(0)} \beta^{(0)}$$

2.13 Evaluasi Peramalan

Bertujuan untuk mengevaluasi kualitas dari hasil peramalan model runtun waktu. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) merupakan ukuran yang digunakan untuk evaluasi hasil peramalan. Semakin kecil nilai MAPE maka peramalan yang dihasilkan semakin baik.

MAPE dirumuskan sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n} \left| \left(\frac{P_t - \hat{P}_t}{P_t} \right) \times 100\% \right| \quad (2.31)$$

dengan:

P_t : data periode ke-t,

$\hat{P}_t$: peramalan periode ke-t,

n : banyaknya data yang diramalkan.

2.14 Return

Return merupakan pengembalian atau keuntungan yang diperoleh dari suatu investasi. Studi mengenai ekonomi dan finansial sebagian besar lebih menitikberatkan pada *return* daripada nilai sebenarnya. *Return* lebih dititikberatkan karena fluktuasi harga yang terjadi meruakan usat perhatian untuk data finansial.

Log *return* merupakan perubahan relatif yang sering didefinisikan sebagai pendekatan untuk fluktuasi harga. Menurut Tsay (2005), log *return* didefinisikan seperti berikut:

$$r_t = ln\frac{Z_t}{Z_{t-1}} \tag{2.32}$$

dengan:

r_t : nilai data log *return.*

Z_t : data runtun waktu nonlinier pada waktu t.

Z_{t-1} : data runtun waktu nonlinier pada waktu t-1.

Menurut Putriaji (2015), beberapa alasan /keuntungan menggunakan data *return* dalam analisis antara lain:

1. *Return* bersifat bebas skala sehingga lebih objektif sebagai bahan perbandingan.
2. *Return* memiliki sifat-sifat statistik yang atraktif (misalnya stasioneritas).

Alasan dipilihnya log *return* adalah karena kemudahannya dalam manipulasi aljabar dan seringkali mampu mengatasi masalah variansi data yang tidak konstan.

2.15 Program R

R adalah suatu kesatuan software yang terintegrasi dengan beberapa fasilitas untuk manipulasi, perhitungan dan penampilan grafik yang handal. *R* berbasis pada bahasa pemrograman S, yang dikembangkan oleh AT&T Bell

Laboratories (sekarang Lucent Technologies) pada akhir tahun 1970 an. R merupakan versi gratis dari bahasa S dari software (berbayar) yang sejenis yakni S-PLUS yang banyak digunakan para peneliti dan akademisi dalam melakukan kegiatan ilmiahnya.

Pada awalnya, versi pertama R dibuat oleh Ross Ihaka dan Robert Gentleman dari Universitas Auckland, namun selanjutnya R dikembangkan oleh tim yang disebut tim inti. Tim inti (core team) terdisi dari ahli statistik, ahli komputer dan pemrograman, geografi, ekonomi dari institusi yang berbeda dari seluruh dunia yang mencoba membangun sebuah sistem (software) yang handal namun dengan biaya yang sangat murah. Menurut kutipan dari penghargaan Association for Computing Machinery Software bagi John Chamber 1998, menyatakan bahwa (bahasa pemrograman) S telah merubah orang dalam memanipulasi, visualisasi dan menganalisis data untuk selamanya. R dibuat searah dengan ide yang ada pada bahasa pemrograman S. Banyak projek lainnya yang berkaitan / berbasis / perluasan dari R, seperti geoR, Rattle, R Commander, SciViews R GUI dan lainnya.

2.15.1 Kelebihan program R

R mempunyai karakteristik tersendiri, dimana selalu dimulai dengan prompt “>” pada console-nya. R mempunyai beberapa kelebihan, diantaranya :

1. Efektif dalam pengelolaan data dan fasilitas penyimpanan. Ukuran file yang disimpan jauh lebih kecil dibanding software lainnya.
2. Lengkap dalam operator perhitungan array

3. Lengkap dan terdiri dari koleksi tools statistik yang terintegrasi untuk analisis data, diantaranya mulai statistik deskriptif, fungsi probabilitas, berbagai macam uji statistik hingga time series.
4. Tampilan grafik yang menarik dan fleksibel ataupun costumized
5. Dapat dikembangkan sesuai keperluan dan kebutuhan dan sifatnya yang terbuka, setiap orang dapat menambahkan fitur – fitur tambahan dalam bentuk paket ke dalam software R.

2.15.2 Fungsi Penting dalam R

Fungsi Dasar Matematika

Beberapa fungsi dasar telah didefinisikan secara internal di dalam R. Fungsi – fungsi tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.2. terhadap matriks atau vektor, operasi tersebut bekerja perunsur. Berikut beberapa contoh penerapan dari fungsi – fungsi tersebut :

Tabel 2.2 Daftar Beberapa Fungsi Matematika Penting dalam R

No	Nama Fungsi	Notasi Matematika	Fungsi R
1	Harga mutlak	‖	$abs()$
2	Geometri	Sin, cos, tan	$sin(), cos(), tan()$
3	Invers geometri	〖sin〗 ^(−1), 〖cos	$asin(), acos(), atan()$
4	Hiperbolikus	$Sinh, cosh, tanh$	$sinh(), cosh(), tanh()$
5	Exponensial dan log	exp, ln	$exp(), log()$
6	Logaritma 10	$ln10log$	$log10()$
7	Gamma	$\Gamma()$	$gamma()$

2.15.3 Operasi Vektor dan Matriks

Untuk matriks atau vektor yang berdimensi sama, operasi hitung biasa dapat dilakukan dan itu akan dikerjakan berdasarkan unsur – unsur yang bersesuaian. Khusus untuk operasi vektor dan matriks, R memiliki operasi dasar seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2.3

Tabel 2.3 Daftar Operasi vektor dan Matriks dalam R

No.	Nama Fungsi / Operasi	Notasi Matematika	Fungsi R
1	Pembentukan matriks	X	$matrix\ (data, nbaris, nkolom);$
2	Pembentukan barisan		$seq(awal, akhir, kenaikan);$ $seq(awal, akhir, length = n)$
3	Transpose matriks	xT	$t(x)$
4	Determinan matriks	$\det(x)$	$det(x)$
5	Matriks diagonal		$diag(data)$
6	Diagonal matriks		$diag(matriks)$
7	Perkalian matriks	Xy	$x \ \% * \% \ y$
8	Inverse matriks	$x - 1$	$solve(x)$
			$sum(f(x))$

Fungsi Dasar Statistika

Selain fungsi dasar dalam matematika, R juga mempunyai sekumpulan fungsi dasar yang biasa dipergunakan dalam bidang statistika. Variabel dalam fungsi statistika ini berupa vektor data. Fungsi ini dirangkum pada Tabel 2.4

Tabel 2.4 Fungsi dasar statistika

No	Nama Fungsi	Notasi Statistika	Fungsi perintah dalam R
1	Minimum, maksimum	Min, max	$min(\,), max(\,)$
2	Range	$Range$	$range(\,)$
3	Mean, median	$\bar{x}, median$	$mean(\,), median(\,)$
4	Variance	$S2$	$var(\,)$
5	Correlation	ρ_{xy}	$cor(x, y)$
6	Ringkasan data		$summary(\,)$
7	contoh		$sample(\,)$

Fungsi Pembangkit Data Peubah Acak

Fungsi ini merupakan fungsi untuk membangkitkan data dari peubah acak dengan berbagai distribusi yang banyak dijumpai, seperti normal, poisson dan gamma dengan jumlah/ukuran sampel n.

Dalam istilah diatas, distribusi merupakan nama-nama distribusi yang tersedia pada R diantaranya beberapa yang penting yang banyak dipakai adalah $norm\ (normal), gamma(gamma), t\ (t), F(F), chisq(\chi^2), pois\ (Poisson)$. Sebagai daftar fungsi-fungsi ini dapat dilihat pada tabel 2.5

Tabel 2.5 Fungsi Pembangkit Data Peubah Acak

No	Nama distribusi	Parameter	Perintah dalam R
1	Normal $N(\mu, \sigma^2)$	Mean = μ Varians = σ^2	$rnorm(n, mean, sigma)$; $dnorm(x, mean, sigma)$; $pnorm(x, mean, sigma)$; $qnorm(p, mean, sigma)$
2	Gamma $G(\alpha, \beta)$	$\mu = \alpha/\beta$ $\sigma^2 = \alpha/\beta^2$	$rgamma(n, alpha, beta)$; $dgamma(x, alpha, beta)$; $pgamma(x, alpha, beta)$; $qgamma(p, alpha, beta)$
3	Poisson ($\boldsymbol{\lambda}$)	$\mu = \sigma^2 = \boldsymbol{\lambda}$	$rpois(n, lamda)$; $dpois(x, lamda)$; $ppois(x, lamda)$; $qpois(p, lamda)$
4	Binomial (s, π)	$\mu = s\pi$ $\sigma^2 = s\pi(1-\pi)$	$rbinom(n, s, pi)$; $dbinom(x, s, pi)$; $pbinom(x, s, pi)$; $qbinom(p, s, pi)$
5	Chi-kuadrat (χ_v^2)		$rchisq(n, nu)$; $dchisq(x, nu)$; $pchisq(x, nu)$; $qchisq(p, nu)$

Fungsi untuk Menangani Grafik

Untuk mengangani grafik, R memiliki beberapa fungsi seperti ditunjukkan pada Tabel 2.6. Dokumentasi yang lebih lengkap dapat diperoleh dengan menggunakan lay out lembaran grafik yang dibagi menjadi matriks sublembaran kecil (a x b).

Tabel 2.6 Fungsi Grafik

No	Tujuan	Perintah R	Keterangan
1	Membuat layout multigrafik (banyak layar)	$par(mfrow = c(b, k))$	b=banyak baris k= banyak kolom
2	Membuat diagram (grafik pencaran= p, dan garis= l)	$plot(x, y, type = 'l/p/b', xlab = " ", ylab = " ", lty = 0, ylim = c(,))$	l=line (grafik garis) p=point (grafik titik) b= keduanya

2.16 Eviews

EViews singkatan dari Economic Views merupakan perangkat lunak (software) yang banyak digunakan untuk kepentingan analisis data ekonomi dan keuangan. EViews awalnya dikembangkan dan didistribusikan oleh Quantitative Micro Softwaref (QMS), keunggulan EViews telah memiliki reputasi sebagai pemimpin dunia dalam perangkat lunak berbasis Windows ekonometrik dan peramalan. Produk sistem manajemen mutu pertama, perangkat lunak MicroTSP populer, adalah salah satu peramalan pertama dan paket analisis yang tersedia untuk komputer pribadi. MicroTSP digantikan oleh berbasis Windows EViews pada tahun 1994.

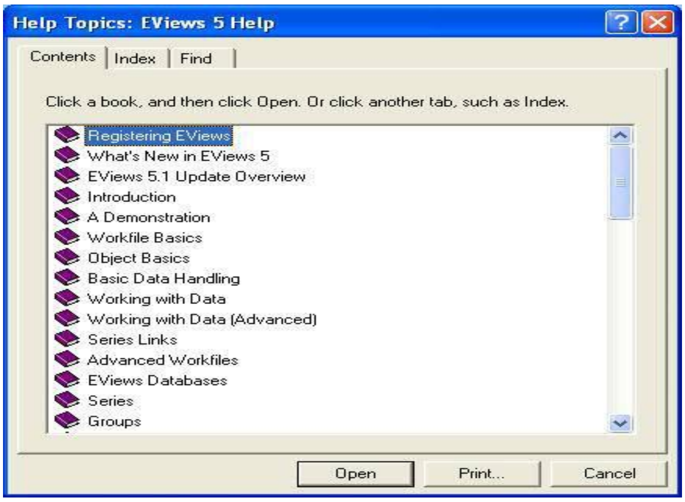
Eviews adalah program yang banyak digunakan dalam pendidikan, pemerintah dan industri. EViews, yang merupakan singkatan Views Ekonometrik, adalah versi baru dari paket statistik untuk memanipulasi data time series. Meskipun sebagian besar EViews dirumuskan oleh ekonom, program itu sendiri juga dapat digunakan dalam bidang-bidang studi, seperti sosiologi, statistik, keuangan, dll. EViews memanfaatkan lingkungan windows userfriendly, sebagian besar perusahaan operasi dapat dilakukan dengan menu drop-down.

Tampilan Awal Eviews:

Jika program EVIEWS sudah terinstall di computer anda, maka tampilan awalnya adalah seperti ini :

Gambar 2.1 Tampilan Awal *Eviews*

Menu Utama *Eviews* adalah *File*, *Edit*, *Window* and *Help* mengikuti standard Windows-conventions. *Objects*, *View*, *Procs*, *Quick* and *Options* tergabung pada special Eviews-features. Eviews Help memuat Bantuan-sistem yang sangat lengkap meliputi hampir seluruh panduan pengguna software ini. Jadi jika belajar EVIEWS dapat juga melalui menu help ini.



Gambar 2.2 Tampilan Menu *Help*

Kegunaan Eviews antara lain sebagai berikut:

a. Menganalisis data dan evaluasinya.

b. Untuk peramalan ekonomi makro, simulasi, peramalan penjualan dan analisis biaya.

EViews dapat kita gunakan untuk menyelesaikan masalah yang berbentuk *time-series, cross section*, maupun data panel. Apa itu *time-series*, *cross section*, dan data panel? Untuk penjelasan simpelnya adalah sebagai berikut :

- *Time Series*

Time Series adalah data suatu objek yang terdiri atas beberapa periode. Contohnya adalah harga saham sebuah perusahaan yang diamati selama 1 bulan (30 hari). Contoh lain adalah data penjualan untuk 3 bulan kerja (quarter). Dengan demikian, data yang bersifat *time-series* harus dijaga urutannya

- *Cross Setion*

Cross Section adalah data beberapa objek pada waktu tertentu atau saat tertentu. Sebagai contoh adalah data harga saham pada tanggal 5 Juni 2016 untuk semua perusahaan yang sahamnya diperjual-belikan pada saat itu. Dalam kasus ini urutan tiap-tap perusahaan yang sahamnya dijual tidak perlu dipermasalahkan.

- Data Panel

Data Panel adalah data yang bersifat *time-series* dan *cross section*. Artinya data terdiri atas beberapa objek dan meliputi beberapa periode. Data panel bersifat lebih komplek karena menggabungkan timme-series dan cross section.

Karena EViews mampu mengakomodir ketiga kebutuhan di atas, analisis yang dilakukan oleh program EViews tidak hanya berupa masalah statistik biasa, namun EViews juga mampu menyelesaikan untuk kasus-kasus ekonometrik yang cukup komplek. Keunggulan EViews sendiri adalah pada kemampuannya untuk menyelesaikan kasus *time-series*, meskipun tetap dapat mengolah data *cross section* dan data panel. Penggunaan Eviews juga cukup mudah, hanya perlu melakukan beberapa kali klik maka hasil akan muncul di screen / layar komputer Anda. Hasil output dari Eviews juga mudah untuk ditransfer atau dipindahkan ke aplikasi lain (misal MS Word), cukupdengan edit-copy lalu edit-paste.

Namun EViews dapat dikatakan sebagai program yang cukup susah diawal, ketika kita pertama kali belajar atau mengenal EViews. Bahkan sering kali orang yang pertama kali belajar EViews akan kesulitan dan frustasi. Namun dengan banyaknya petunjuk yang ada di internet saat ini, mencari cara dan tutorial dasar penggunaan EViews akan banyak kita jumpai di dunia maya. Kelemahan lain adalah untuk reporting berupa grafik, jika ingin grafik Anda bisa mencoba ke versi EViews yang terbaru atau menggunakan aplikasi lain untuk membuat data grafiknya.

2.17 Perhitungan Manual

Contoh data diambil secara acak, dengan menggunakan 5 sampel data. Uji yang dilukukan disini adalah Uji PACF, menentukan model awal AR(p), uji autokorelasi dan uji heteroskedastisitas.

Perhitungan Autokorelasi Parsial (PACF)

Perhitungan PACF dengan menggunakan aturan Cramer, berturut-turut unuk *k* = 1,2,.., diperoleh

$$\phi_{11} = \rho_1$$

$$\phi_{22} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 \\ \rho_1 & \rho_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 \\ \rho_1 & 1 \end{vmatrix}}$$

$$\phi_{33} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 & \rho_1 \\ \rho_1 & 1 & \rho_2 \\ \rho_2 & \rho_1 & \rho_3 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 & \rho_2 \\ \rho_1 & 1 & \rho_1 \\ \rho_2 & \rho_1 & 1 \end{vmatrix}}$$

$$\vdots$$

$$\vdots$$

$$\phi_{kk} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 & \rho_2 & \dots & \rho_{k-2} & \rho_1 \\ \rho_1 & 1 & \rho_1 & \dots & \rho_{k-3} & \rho_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ \rho_{k-1} & \rho_{k-2} & \rho_{k-3} & \dots & \rho_1 & \rho_k \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 & \rho_2 & \dots & \rho_{k-2} & \rho_{k-1} \\ \rho_1 & 1 & \rho_1 & \dots & \rho_{k-3} & \rho_{k-2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ \rho_{k-1} & \rho_{k-2} & \rho_{k-3} & \dots & \rho_1 & 1 \end{vmatrix}}$$

Hipotesis untuk menguji koefisien autokorelasi parsial sebagai berikut:

$H_0: \phi_{kk} = 0$ (koefisien autokorelasi parsial tidak signifikan)

$H_1: \phi_{kk} \neq 0$ (koefisien autokorelasi parsial signifikan)

Statistik uji yang digunakan:

$$t = \frac{\phi_{kk}}{SE(\phi_{kk})}$$

dengan $SE(\phi_{kk}) = \frac{1}{\sqrt{n}}$

kriteria keputusan tolak H_0 jika $\left|t_{hitung}\right| > t_{\frac{\alpha}{2}df}$

Dari data contoh diperoleh ϕ_{55}, sehingga:

$$\phi_{55} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & 17 & 43 & 56 & 17 \\ 17 & 1 & 17 & 43 & 43 \\ 43 & 17 & 1 & 17 & 56 \\ 56 & 43 & 17 & 1 & 77 \\ 77 & 56 & 43 & 17 & 89 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & 17 & 43 & 56 & 77 \\ 17 & 1 & 17 & 43 & 56 \\ 43 & 17 & 1 & 17 & 53 \\ 56 & 43 & 17 & 1 & 17 \\ 77 & 56 & 43 & 17 & 1 \end{vmatrix}}$$

$$\phi_{55} = \frac{27859131}{6281289}$$

$$\phi_{55} = 4{,}435257$$

$$E(\phi_{55}) = \frac{1}{\sqrt{n}} = \frac{1}{\sqrt{5}} = 0{,}447214$$

$$t = \frac{\phi_{55}}{SE(\phi_{55})} = \frac{4{,}435257}{0{,}447214} = 9{,}917536$$

Dari tabel t diperoleh nilai $t_{tabel}(df = n - 1 = 4;\ \alpha = 0{,}05) = 2{,}13$. Karena $\left|t_{hitung}\right| > t_{\frac{\alpha}{2}df} \approx 9{,}917536 > 2{,}13$, maka tolak H_0 artinya autokorelasi parsial signifikan.

Model AR(p)

Bentuk umum suatu proses *Autoregresive* tingkat AR (p) menurut Soejati (1987) adalah

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \cdots + \phi_p Z_{t-p} + a_t$$

Misal dipunyai model AR(1) sebagai berikut:

$$Z_t = \ \phi_1 Z_{t-1} + a_t$$

Dengan t=1,2,...,n dan $a_t = N(0, \sigma^2)$. Nilai estimasi dari ϕ_1 dapat diperoleh dengan meminimumkan jumlah kuadrat residual berikut:

$$\sum a_t^2 = SSE = \sum_{t=1}^{n} (Z_t - \phi_1 Z_{t-1})^2$$

Jumlah kuadrat residual pada diatas akan menimum jika turunan parsial terhadap ϕ sama dengan nol,

$$\frac{\partial SSE}{\partial \phi} = -2Z_{t-1} \sum_{t=1}^{n} (Z_t - \phi_1 Z_{t-1}) = 0$$

$$\sum_{t=1}^{n} Z_{t-1} Z_t - \phi_1 \sum_{t=1}^{n} Z_{t-1}^2 = 0$$

$$\phi_1 = \frac{\sum_{t=1}^{n} Z_{t-1} Z_t}{\sum_{t=1}^{n} Z_{t-1}^2}$$

$$\phi_1 = \frac{12}{5929}$$

$$\phi_1 = 0{,}002024$$

Sehingga diperoleh model awal AR(1)

$$Z_t = 0{,}002024Z_{t-1} + a_t$$

Uji Autokorelasi

Model dikatakan baik apabila residu yang dihasilkan tidak memiliki autokorelasi. Menurut William (1993) dapat diuji menggunakan uji *Breusch-Godfrey*, hipotesisnya adalah

H_0 : tidak terdapat autokorelasi di dalam residu model

H_1 : terdapat autokorelasi di dalam residu model.

Statistik uji *Breusch-Godfrey* adalah sebagai berikut

$$n^* = (N - l)R^2$$

dengan N adalah ukuran sampel, l adalah jumlah lag dan R^2 adalah koefisien determinasi dari model regresi dimana digunakan untuk uji kecocokan model. H_0 akan ditolak jika $n^* > X_k^2$.

$$R^2 = \frac{JKS}{JKR} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\hat{Z}_t - \bar{Z}\right)^2}{\sum_{i=1}^{n}(Z_t - \bar{Z})^2}$$

Tabel 2.7 Perhitungan Manual menggunakan Ms. Excel

No	Data Asli(Zt)	$\bar{Z}$	$\hat{Z}_t$	$\sum_{i=1}^{n}\left(\hat{Z}_t - \bar{Z}\right)^2$	$\sum_{i=1}^{n}(Z_t - \bar{Z})^2$	R^2
1 2 3 4 5	17 43 56 77 89		0,034407 0,08703 0,113341 0,155844			
Jumlah	282	56,4	0,390622	3137,05	50895,4	0,061637

$$R^2 = \frac{JKS}{JKR} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\hat{Z}_t - \bar{Z}\right)^2}{\sum_{i=1}^{n}(Z_t - \bar{Z})^2} = \frac{3137,05}{50895,4} = 0,061637$$

$$n^* = (N - l)R^2 = (5 - 1)0,061637 = 0,246549$$

Nilai statistik uji *Breusch-Godfrey* pada yaitu 0,246549 dengan α sebesar 5% nilai tabel Chi-Square ($X^2_{(0,05;1)}$= 3,841), dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai statistik uji *Breusch-Godfrey* lebih kecil dari nilai tabel Chi-Square yang artinya terima H_0 yaitu tidak terdapat autokorelasi didalam residual model.

Uji Heterokedastisitas

Menurut William (1993), menguji data tidaknya efek heterokesdastisitas dengan menggunakan uji *ARCH Lagrange Multiplier (LM)* dengan uji hipotesis adalah

H_0 : $\propto_1 = \propto_2 = \cdots = \propto_q$ (tidak ada efek *ARCH* sampai lag-*q*)

H_1 : paling sedikit terdapat satu αj≠ 0 (ada efek ARCH sampai lag-k)

Menggunakan asumsi normalitas, statistik uji yang digunakan adalah

$$\xi = NR^2$$

dengan N adalah ukuran sampel dan R^2 adalah koefisien determinasi data dengan model. H_0 akan ditolak jika $\xi > X^2_k$.

$$\xi = NR^2 = 5(0,061637) = 0,30818$$

Nilai statistik uji LM test yaitu 0,30818 dengan α sebesar 5% nilai tabel Chi-Square ($X^2_{(0,05;1)}$= 3,841), dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai statistik uji lebih kecil dari nilai tabel Chi-Square yang artinya terima H_0 yaitu tidak ada efek ARCH.

Pengujian Fungsi Transisi

Menurut Terasvirta (1994), fungsi transisi eksponensial yaitu:

$$G(\gamma, c, s_t) = 1 - \exp(-\gamma(s_t - c)^2), \gamma > 0$$

Fungsi transisi yang terpilih adalah fungsi transisi eksponensial sehingga model yang digunakan adalah model *Exponential Smoothing Transition Autoregressive* (ESTAR). Model awal ESTAR (1,1) yaitu:

$$Z_t = (\phi_{1,0}+\phi_{1,1}Z_{t-1})(1 - (1 - \exp(-\gamma(s_t - c)^2) + (\phi_{2,0}+\phi_{2,1}Z_{t-1})(1 - \exp(-\gamma(s_t - c)^2) + \varepsilon_t$$

Dari program R diperoleh $\gamma = 56$ dan $c = 0{,}006808$. Jika model awal ESTAR (1,1), maka akan dibuktikan bahwa $G(\gamma, c, s_t) = 1$.

$$\begin{aligned} G(\gamma, c, s_5) &= 1 - \exp(-\gamma(s_t - c)^2) \\ &= 1 - \exp(-56(77 - 0{,}006808)^2) \\ &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G(\gamma, c, s_4) &= 1 - \exp(-\gamma(s_t - c)^2) \\ &= 1 - \exp(-56(56 - 0{,}006808)^2) \\ &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G(\gamma, c, s_3) &= 1 - \exp(-\gamma(s_t - c)^2) \\ &= 1 - \exp(-56(43 - 0{,}006808)^2) \\ &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G(\gamma, c, s_5) &= 1 - \exp(-\gamma(s_t - c)^2) \\ &= 1 - \exp(-56(17 - 0{,}006808)^2) \\ &= 1 \end{aligned}$$

Fungsi transisi terbukti menggunakan model awal ESTAR (1,1), jika dari program R diperoleh $\phi_{1,0} = -6{,}244668$, $\phi_{1,1} = 1{,}486512, \phi_{2,0} = 3034{,}7414\ dan\ \phi_{2,0} = -91{,}94455$. Sehingga diperoleh model akhir ESTAR(1,1).

$$Z_t = (-6{,}244668 + 1{,}486512Z_{t-1})(1 - (1 - \exp(-56(s_t - 0{,}006808)^2) + (3034{,}7414 - 91{,}94455Z_{t-1})(1 - \exp(-56(s_t - 0{,}006808)^2)$$

2.18 Kerangka Berpikir

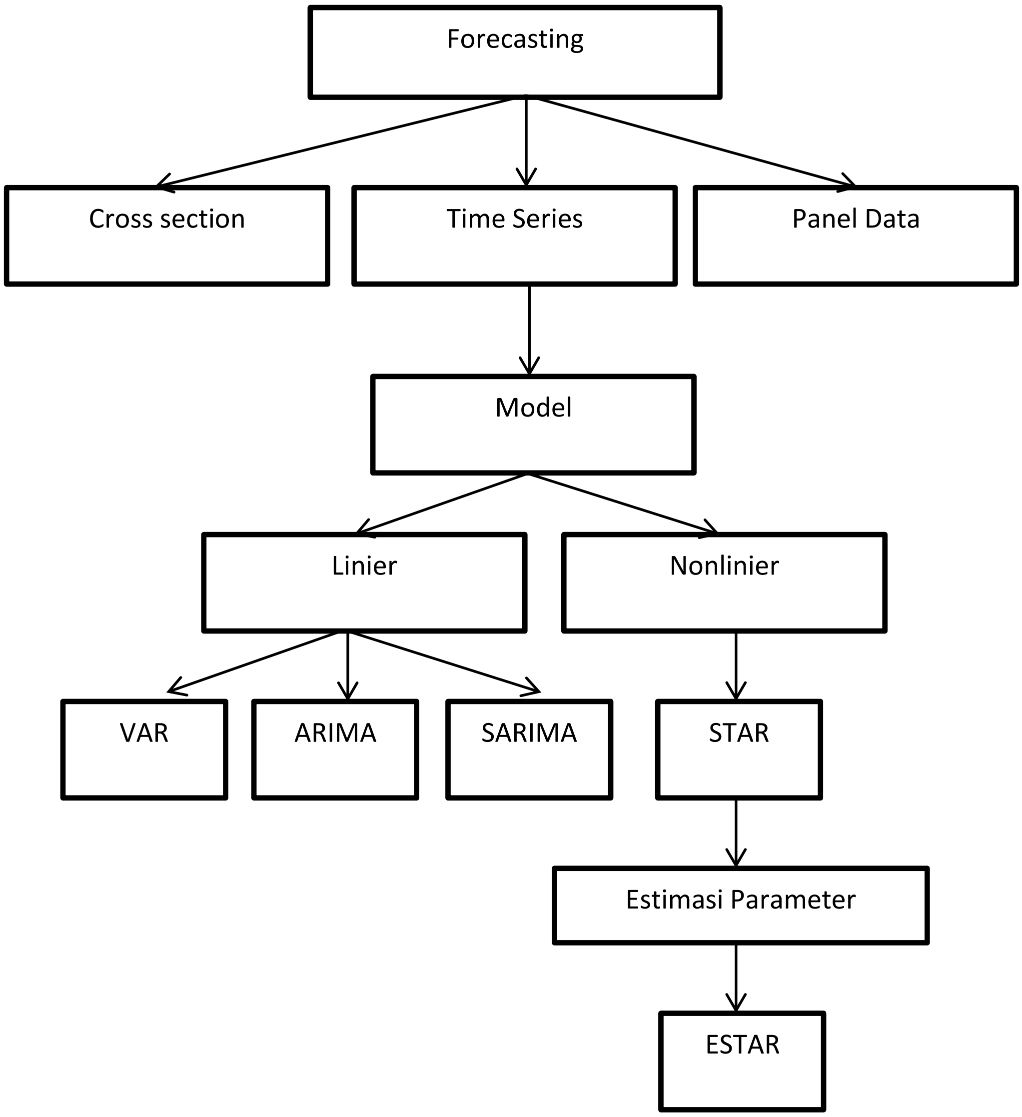
Pemodelan runtun waktu Pemodelan runtun waktu dibedakan menjadi 3 jenis data menurut waktu, yaitu *Cross-section* data, *Time Series* (runtun waktu) data, *Panel/Pooled* data. Peneliatian ini hanya akan membahas tentang model runtun waktu *Time Series* (runtun waktu) data. *Time series* (runtun waktu) data adalah jenis data yang dikumpulkan menurut urutan waktu dalam suatu rentang waktu tertentu.

Nilai data masa lalu merupakan pengaruh dalam analisis waktu, sedangkan prosesnya dinamakan proses autoregresif. Model autoregresif untuk proses autoregresif dapat disusun dengan Metode Box-Jenkins atau sering disebut ARIMA, SARIMA, VAR. Model yang dihasilkan dari metode tersebut menghasilkan metode linier, semenatara tidak semua runtun waktu finansial menghasilkan model linier.

Sejak adanya artikel dari Terasvirta dan Anderson (1992) disitasi oleh Van Dijk, dkk (2000: 3) serta Teravista (1994) disitasi oleh Van Dijk , dkk (2001: 1) model STAR menjadi pemodelan nonlinier yang populer dalam terapan bidang ekonomi modern. Model STAR terbagi menjadi dua model, yaitu model *Logistic Smooth Transition Autoregressive* (LSTAR) dan *Exponential Smooth Transition Autoregressive* (ESTAR).

Data yang digunakan dalam penelitian ini jika data tersebut bukan data stasioner, maka proses pemodelan diperlukan transformasi. Langkah yang diperlukan yaitu mengubah data ke dalam bentuk *log return*. Selanjutnya melakukan pengujian untuk menentukan model yang dihasilkan merupakan model LSTAR atau ESTAR. Penelitian ini terfokus pada model ESTAR.

Seperti yang dijelaskan diatas langkah pertama yang dilakukan dalam pembentukan model ESTAR yaitu pengujian kestasioneran data. Apabila data belum stasioner maka dilakukan transformasi. Mengubah data ke dalam bentuk *log return* merupakan transformasi yang dilakukan. Setelah itu, langkah berikutnya mencari model *autoregressive (AR)*. Eror model *AR* yang telah diperoleh harus diuji efek heteroskedastisitas. Apabila tidak terdapat efek heteroskedastisitas, dilakukan estimasi parameter model ESTAR dan uji diagnostik model. Model ESTAR yang dihasilkan selanjutnya digunakan untuk meramalkan data. Ada penelitian ini menggunakan *Mean Absolute Precentage Error (MAPE)* untuk mendapatkan model terbaik.



Gambar 2.3 Kerangka Berpikir

BAB V

PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan pada bab IV, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Model terbaik metode *Exponential Smoothing Transition Autoregressive* (ESTAR)(1,1) menggunakan program R dengan persamaan sebagai berikut.

   $$Z_t = (-11{,}634686 - 94{,}346107 Z_{t-1})(1 - (1 - \exp(-200(Z_{t-1} + 0{,}129525)^2))) + (11{,}683851 + 94{,}041577 Z_{t-1})(1 - \exp(-200(Z_{t-1} + 0{,}129525)^2).$$

   dengan Z_t adalah nilai return pada waktu ke-t.

   Sedangkan model terbaik metode *Exponential Smoothing Transition Autoregressive* (ESTAR)(1,1) menggunkanan program Eviews dengan persamaan sebagai berikut.

   $$Z_t = (55{,}60292 + 143{,}1331 Z_{t-1})\left(1 - (1 - \exp(-31{,}87504(Z_{t-1} - 1{,}769900)^2))\right) + \left(0{,}069161 - 0{,}704401 Z_{t-1}\right)\left(\left(1 - \exp\left(-31{,}87504\left(Z_{t-1} - 1{,}769900\right)^2\right)\right)\right)$$

   .

2. Berdasarkan hasil ramalan pada tanggal 01 Januari 2017 Harga Saham Bumi Serpong Damai Tbk. (BSDE,JK) dengan menggunakan program Eviews sebesar 1924,603 dan hasil ramalan pada tanggal yang sama dengan menggunakan program R sebesar 1845,09. Dari data asli Harga Saham Bumi Serpong Damai Tbk. (BSDE,JK) pada tanggal tersebut sebanyak 1824, maka nilai ramalan yang mendekati dengan harga asli adalah ramalan dengan menggunakan program R.
3. Dari penelitian yang telah dilakukan model ESTAR (1,1) pada peramalan Harga Saham Bumi Serpong Damai Tbk. (BSDE,JK) lebih baik menggunakan program R karena memiliki nilai MAPE lebih kecil dibandingkan dengan peramalan menggunkan program Eviews.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, peneliti memberikan saran sebagai berikut:

1. Penelitian ini menghasilkan model yang terbaik menggunakan program R dengan MAPE yang kecil. Untuk selanjutnya silahkan dipakai untuk peramalan berikutnya, tetapi jangan dipakai untuk meramalkan terlalu jauh, paling banyak hanya tiga periode ke depan sehingga menghasilkan nilai MAPE yang relatif kecil pula.
2. Untuk pengembangan selanjutnya disarankan membandingkan model ini dengan model nonlinier yang lain seperti model *Threshold Autoregressive* (TAR), model *Self Exciting Threshold Autoregressive* (SETAR), model

Markov Switching dan model *Neural Network* sehingga didapatkan model nonlinier yang terbaik.

3. Perhitungan estimasi parameter dalam penelitian ini menggunakan *software* R, *software Eviews* dan *software Microsoft Excel*, disarankan pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan program aplikasi lain seperti S-Plus, Matlab, Stata, untuk memeproleh hasil yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

Algifari. 2010. *Statistika Deskriptif lus Untuk Ekonomi dan Bisnis*. Yogyakarta: UPP STIM YKPN.

Aye *et al.* 2013. *The out-of-samle forecasting performance of nonlinear models of real exchange rate behaviour: The case of the South African Rand.* The European Journal of Comparative Economics, Vol. 10, n. 1, p. 121-148.

Hendikawati, Putriaji. 2015. *Peramalan Data Runtun Waktu Metode dan Aplikasinya dengan Minitab & Eviews*. Semarang: FMIPA UNNES.

Makridakis, Spyros, Wheelwright S.C, McGee Viktor E.McGee. 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Alih Bahasa: Ir. Untung Sus Adriyanto, M.Sc dan Ir. Abdul Basith, M.Sc. Edisi Kedua Jilid Satu. Jakarta: Erlangga.

Maryati. 2001. *Statistik Ekonomi dan Bisnis Plus: Konsep Dasar Aplikasi Bisnis & Ekonomi Kasus-kasus.* Yogyakarta: UPP AMP YKPN.

Mohammed, K., M. Mouslim-DB, D. Zeddoun, A. Benamer. 2015. Application of Smooth Transition Autoregressive (STAR) Models for the Real Exchange Rate in Algeria. International Journal of Business and Social Science, Vol. 6, No. 11; November 2015.

Nor, Siti Rohani Mohd, Fadhilah. Y, Ibrahim. L. 2015. *Nonlinear Smooth Transition Autoregressive (STAR)-Type Modelling and Forecasting on Malaysia Airlines (MAS) Stock Returns.* Jurnal Teknologi, 74:11 (2015) 137-145.

Phumchusri, Naragain & Udom, Patimaporn. 2014. *A Comparison Study Between Time Series Model and ARIMA Model for Sales Forecasting of Distributor in Plastic Industry*. *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN) Departement of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand*. 4(6): 32-38.

Rapach, David. 2006. *The out-of-sample forecasting performance of nonlinier models of real exchange rate behavior*. International journal of forecasting. Saint Louis University: Department of Economics.

Rehman, M., J. Iqbal, H. Urehman. 2011. Nonlinearity in Inflation a Case of Pakistan. Pakistan Economic and Social Review, Vol. 49, No.1,pp,1-12.

Rosadi, Dedi. 2011. *Ekonometrika & Analisis Runtun Waktu Terapan dengan Eviews. Yogyakarta*: ANDI Yogyakarta.

Sariani, Inti Jianta Djie. 2013. *Analisis Peramalan Penjualan dan Penggunaaan Metode Linear Programming dan Decision Tree guna Mengoptimalkan Keuntungan pada PT Primajaya Pantes Garment*. Journal The WINNRS, Vol. 14 No. 2, September 2013:113-119.

Saefuddin, A., B. Sartono, & N.A. Setiabudi. 2010. *Pengenalan Umum Analisis Statistika dengan SAS Seri 1: Peringkasan dan Penyajian Data.* Bogor: IPB Press.

Setianto, Rahmat Heru., Turkhan Ali Abdul Manap. 2011. Examining the Islamic stock market efficiency: Evidence from nonlinear ESTAR unit root tests. Indonesian Capital Market Review, Vol. VII No. 1.

Soejati, Z. 1987. Analisis Runtun Waktu. Universitas Terbuka: Karunia Jakarta.

Sugiarto dan Harijono. 2000. *Peramalan Bisnis*. Jakarta: PT. Gramedia Utama.

Tayyab, M., Ayesha. T, Madiha. R. 2012. *Application of Smooth Transition Autoregressive (STAR) models Exchange Rate*. Mathematical Theory and Modeling, Vol.2, No.9.

Teravista. 1994. *Specification, Estimation, and Evaluation of Smooth Transition Autoregressive Models.* Journal of the American Statistical Association, Vol. 89, No. 425, pp. 208-218.

Tsay, R. S. 2005. *Analysis of Financial Time Series*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.

Van Dijk, Dick, dkk. 2002. *Smooth Transition Autoregressive Models-A Survey of Recent Developments.* Econometric Institute Research Report EI2000-23/A, 21(1), 1-47.

Wei, William W.S. 1990. *Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods*: Addison-Wesley Publishing Company.